

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**INUNDAÇÕES URBANAS NOS MUNICÍPIOS DE PEDRO OSÓRIO E CERRITO -  
RS**

**ROSSANA MADRUGA TELLES**

**ORIENTADOR: PROF. DR. LUIS ALBERTO BASSO**

**PORTO ALEGRE, ABRIL DE 2002**

### **Catálogo na Fonte**

Prof. Claudio Renato Moraes da Silva  
CRB-10/1059

T274i Telles, Rossana Madruga  
Inundações urbanas nos Municípios de Pedro Osório e Cêrrito /  
Rossana Madruga Telles - Porto Alegre: UFURGS, 2002.  
74p.

Dissertação (Mestrado). – Universidade Federal do Rio Grande  
do Sul. Mestrado em Geociências.

1. Inundações urbanas 2. Cidade de Pedro Osório 3. Cidade de  
Cêrrito 4. Eventos pluviais I. Título.

CDU 574

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**INUNDAÇÕES URBANAS NOS MUNICÍPIOS DE PEDRO OSÓRIO E CERRITO -  
RS**

**ROSSANA MADRUGA TELLES**

**Orientador: Prof. Dr. Luis Alberto Basso**

**Banca Examinadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Dirce Suertergaray  
Prof. Dr. João Carlos da Silva Strauch  
Prof. Dr. Luiz Eduardo Robaina**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia, área de concentração em Análise Ambiental.

**Porto Alegre, Abril De 2002**

*Para Raissa e Vinícius*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, ao Autor da vida, pelo cuidado em todas as etapas do caminho, estou certa de que Ele faz por todos nós infinitamente mais do que pedimos ou esperamos .

Aos meus pais, Alvacir e Cacilda, por todo o amor e carinho com que me ensinaram a buscar novos caminhos e a minha irmã Jaqueline, pelas horas disponíveis, pelo ombro amigo e pelas sugestões ao presente trabalho.

Aos meus filhos, Raissa e Vinícius, pela compreensão durante as prolongadas ausências. Ao Carlos, pelos anos de companheirismo na caminhada da vida e pela atenção dobrada que teve de dar aos nossos filhos no decorrer do curso.

Ao Dr. Luis Alberto Basso, meu orientador, por esclarecer várias dúvidas, mostrando que ciência é feita antes de tudo por comprometimento e dedicação, ensinando-me que mais importante do que a pressa em chegar, é a direção escolhida para percorrer o caminho.

A minha amiga Nina, pelo carinho da acolhida em Porto Alegre e por toda a amizade fortalecida nesse período.

As amigas Eli, Ivana e Juraci, pela presença amiga em todos os momentos.

Ao apoio recebido por parte dos profissionais da CPRM, da DRH, da Agência da Lagoa Mirim e das Prefeituras de Pedro Osório e Cerrito, no fornecimento de dados e informações imprescindíveis na realização deste trabalho.

A Fundação Universidade Federal de Rio Grande e aos colegas do Departamento de Geociências, pela oportunidade de capacitação.

A Universidade Federal do Rio Grande do sul pela estrutura disponibilizada e pelo quadro de profissionais qualificados, em especial, ao Instituto de Geociências e ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Geografia e aos colegas, pelos bons momentos que passamos juntos, meu muito obrigado!

## SUMÁRIO

Lista De Tabelas.....	iii
Lista De Fotografias.....	iii
Lista De Figuras... ..	iv
Resumo.. ..	v
Abstract.....	vi
<u>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO</u> .....	1
1.1 – Justificativa.....	4
1.2 - Objetivos do estudo.....	5
<u>CAPÍTULO 2 – METODOLOGIA</u> .....	7
2.1 – A Bacia Hidrográfica e o Recorte Territorial .....	7
2.2 – Procedimentos Metodológicos .....	7
2.2.1 – Trabalhos de Campo.....	8
2.2.2 - Levantamento Bibliográfico .....	10
2.2.3 – Levantamento de Dados .....	10
2.2.3.1 - Estações Fluviométricas e a Inconsistência dos Dados.....	11
2.2.3.2 - Dados Pluviométricos .....	13
2.2.4 – Método de Regionalização de Vazões Máximas.....	14
2.2.5 – Cartografia de Risco de Inundação.....	16
<u>CAPÍTULO 3 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</u> .....	18
3.1 – Características da Bacia Hidrográfica do Rio Piratini.....	18

3.1.1 – Aspectos Gerais .....	18
3.1.2 - O Deflúvio do Rio Piratini e a Dinâmica Climática Regional .....	20
3.1.3 - Aspectos Geológico-geomorfológicos .....	25
3.1.4 - Aspectos Pedológicos.....	26
3.1.5 - A Cobertura Vegetal.....	28
3.1.6 - O Uso do Solo .....	30
3.2 – Histórico das Inundações nos Municípios de Pedro Osório e Cerrito.....	32

#### CAPÍTULO 4 – DIAGNÓSTICO DO RISCO DE INUNDAÇÃO E ZONEAMENTO

##### DAS ÁREAS INUNDÁVEIS NOS NÚCLEOS URBANOS DE

##### PEDRO OSÓRIO E CERRITO.....

4.1 – Aplicação do Método de Regionalização de Vazões.....	47
4.2 – Áreas sujeitas ao risco de inundação .....	52
4.3 – Zoneamento das áreas sujeitas à risco de inundação .....	60

#### CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS.....

Referências Bibliográficas.....	71
---------------------------------	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estações fluviométricas da bacia hidrográfica do rio Piratini.....	12
Tabela 2 - Precipitação no período das cheias de 1983/1982 e precipitação antecedente .....	14
Tabela 3 - Totais de Precipitação Mês/Ano – Estação Pedro Osório.....	24
Tabela 4 - Principais Lavouras – 1998 .....	30
Tabela 5 - Atividade Pecuária –1996 .....	31
Tabela 6 - Marcas históricas de enchentes (m).....	44
Tabela 7 - Postos Fluviométricos Utilizados na Regionalização da Vazão Máxima.....	48
Tabela 8 - Coeficientes de Rugosidade .....	54
Tabela 9 - Cálculo da Condutância na Seção e Curva Chave .....	56
Tabela 10 - Valores de rugosidade (n) e Valores de declividade (s) do rio Piratini.....	57
Tabela 11 - Cotas históricas de inundação e seu tempo de retorno (Tr) .....	57
Tabela 12 - Cálculo da Curva de Probabilidade das Cotas de Inundação .....	57

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Medidas da seção transversal do rio Piratini .....	9
Fotografia 2 - Mata Ciliar do rio Piratini.....	29
Fotografia 3 - Vista geral da enchente de abril de 1959.....	36
Fotografia 4 - Ponte de rodagem destruída pelas águas - 1959 .....	37
Fotografia 5 - Ponte Flutuante - 1959.....	37
Fotografia 6 - Vista Parcial da Enchente de 1983 .....	40
Fotografia 7 - Ponte Férrea antes de ser levada pelas águas - 1983 .....	41
Fotografia 8 - Escombros da ponte férrea - 1983 .....	41
Fotografia 9 - Cerrito (destruição total de habitações) – 1992 .....	43
Fotografia 10 - Cerrito – Bairro São Miguel – 1992 .....	43

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização dos municípios de Pedro Osório e Cerrito .....	3
Figura 2 – Mapa Hidrográfico do Rio Grande do Sul – O rio Piratini.....	19
Figura 3 – Regionalização da Curva de Probabilidade de Vazão Máxima para a Região em Estudo .....	49
Figura 4 – Regionalização da Vazão Média de Cheia.....	51
Figura 5 – Curva de Probabilidade de Vazões Máximas, conforme a Distribuição Estatística de Gumbel. ....	52
Figura 6 – Seção Transversal do Rio Piratini realizada à montante da ponte Férrea que liga Pedro Osório a Cerrito.....	54
Figura 7 – Curva Chave da seção transversal à montante da Ponte Férrea no Rio Piratini – Pedro Osório e Cerrito – RS. ....	58
Figura 8 – Curva de Probabilidade das Cotas de Cheia para Pedro Osório e Cerrito - RS, incluindo as marcas históricas.....	58
Figura 9 – Mapa das Cotas de Inundação e Tempo de Retorno em Pedro Osório e Cerrito - RS.....	59
Figura 10 – Mapa de Zoneamento de Risco de Inundação para Pedro Osório e Cerrito - RS.....	64

## **RESUMO**

As inundações urbanas têm sido objeto de pesquisa de diversas categorias profissionais, tanto a nível acadêmico como por profissionais vinculados a empresas públicas ou privadas para atender às exigências postas pela situação de calamidade frente às cheias excepcionais. Considerando a Geografia como a ciência cujo fazer encontra-se na interface das ciências sociais e das ciências da natureza, realizamos esta pesquisa com o intuito de melhor compreender a ocorrência de inundações nas cidades de Pedro Osório e Cerrito, em virtude das cheias do rio Piratini. Para a realização desta pesquisa partimos do pressuposto que um estudo no âmbito de uma bacia de drenagem deve buscar compreender sua complexa dinâmica, isto é, seus múltiplos aspectos interativos. Porém, um estudo detalhado dessa dinâmica requer a atuação de pesquisadores de várias áreas do conhecimento. Assim, optou-se por centrar o estudo dos eventos pluviais extremos que culminam em grandes inundações nas cidades de Pedro Osório e Cerrito. Os resultados obtidos permitiram realizar o zoneamento das áreas inundáveis, assim como delinear estratégias de convívio com esses eventos periódicos.

## **ABSTRACT**

The urban floods have been the object of study of many different professionals, such as university professors or others associated with both public and private companies, in order to deal with the demands of unexpected floods. Since geography is the science which makes the interface between social sciences and natural sciences, this research aims to understand, in a better way, the floods in the cities of Pedro Osório and Cerrito, caused by heavy rains in the Piratini River. In order to realize this research, we have started from the idea that we can only comprehend the complex dynamics of the drainage basin, in their multiple aspects, by using a multidisciplinary work. So, we have decided to focus on extreme events. The results will allow us to draw a map of floodable areas, and also determine strategies to deal with this periodical events.

## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO

O termo “inundação” imediatamente nos remete a espaços cobertos por água, a alagamentos ocorridos por efeito de um transbordamento de águas que não foram contidas em seus espaços devidos, sejam eles: o leito de um rio, uma barragem ou qualquer outro corpo de estocagem.

As inundações podem estar associadas a várias causas, entre elas pode-se destacar: as precipitações excessivas, o colapso de uma barragem, o efeito do congelamento na porção jusante de um rio em áreas de clima frio, obstruções diversas ou assoreamento de um canal fluvial e, até mesmo, a ação prolongada de ventos fortes em uma mesma direção podem ser responsáveis por inundações, impelindo as águas sobre os terrenos mais baixos.

No Brasil a ocorrência de cheias é bastante freqüente, porém os efeitos mais danosos restringem-se às inundações de áreas urbanas, dada não apenas a maior concentração populacional, mas, principalmente, à ocupação indevida da planície de inundação.

No Rio Grande do Sul, a mais remota enchente sobre a qual encontra-se registro, foi a ocorrida no rio Jacuí em fins de setembro de 1754. Esta enchente surpreendeu as forças de Gomes Freire de Andrade nas margens deste rio. O evento foi registrado em aquarelas pelo Coronel Miguel Ângelo Blasco (FORTES,1931). Também a grande enchente de 1941 marcou seu lugar na história, atingindo a maior parte do Estado.

O presente estudo apresenta como eixo central às inundações urbanas que ocorrem periodicamente em Pedro Osório e Cerrito, em virtude das cheias do rio Piratini. Estas cidades localizam-se (Figura 1) na porção sul do Estado do Rio Grande do Sul.

Periodicamente, essas cidades são inundadas pelas águas desse rio em diferentes escalas de intensidade, desde pequenas cheias anuais que se restringem ao leito maior sazonal e que não chegam a causar maiores problemas, até cheias excepcionais que são sinônimo de destruição.

O deflúvio de uma bacia hidrográfica é condicionado pela dinâmica atmosférica regional e pelas características físicas da bacia. Enquanto as precipitações fornecem água a ser drenada, a superfície irá ditar o tempo e a forma de distribuição espacial da pluviometria.

No contexto da área de estudo, às inundações estão associadas à ocorrência de precipitações intensas na bacia hidrográfica do rio Piratini, isto é, durante eventos pluviais de determinada magnitude o rio Piratini não comporta em seu álveo o volume de água recebido e transborda sobre os patamares de sua planície de inundação, onde se localizam os referidos núcleos urbanos.

Para realização desse estudo fez-se necessário abordar diversos aspectos referentes à bacia hidrográfica do rio Piratini, tais como: a área da bacia, a forma, a altitude, a declividade, as condições climáticas regionais, a geologia, a geomorfologia, o tipo de solo, a cobertura vegetal e o uso do solo. Estes parâmetros são relevantes para melhor compreensão da dinâmica hidrológica da bacia em questão.

É importante ressaltar que, embora possa ser traçado um perfil do comportamento da dinâmica hidrológica de uma bacia de drenagem, a partir da cognição dos parâmetros interativos no seu conjunto, têm que se ter em mente que os fenômenos da natureza são

caracterizados por grande variabilidade no seu espectro rítmico, a “normalidade” é dotada de “pulsos anômalos”, de eventos ainda não eficientemente previsíveis.

Os problemas resultantes de inundações dependem tanto do grau de ocupação da planície de inundação, bem como da frequência com a qual ocorrem estes fenômenos. A ocupação das áreas sujeitas a risco desta ordem, podem afetar um grande número de pessoas, principalmente quando a frequência dos eventos é baixa, pois a população ganha confiança, despreza o risco e pode intensificar a ocupação destas áreas.

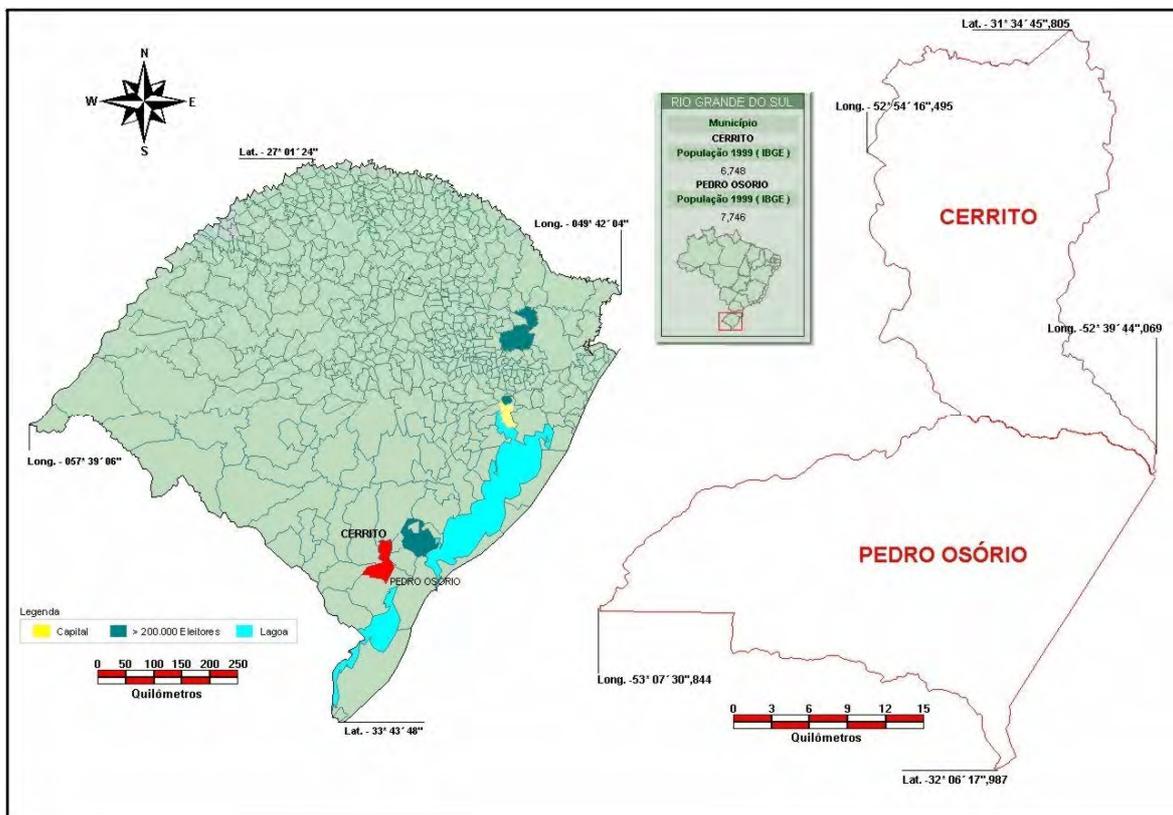


Figura 1 – Mapa de localização dos municípios de Pedro Osório e Cerrito.

## **1.1 Justificativa**

As inundações urbanas têm sido objeto de estudo de diversas categorias profissionais, tanto a nível acadêmico, como por profissionais vinculados à empresas públicas e privadas, para atender às exigências postas pela situação de calamidade frente às cheias excepcionais.

O risco social apresenta-se expresso em todos os danos causados à coletividade frente à ocorrência inesperada de precipitações excepcionais e que causam o transbordamento do rio. Assim, estudar o risco de inundação não é apenas estimar a ocorrência desses eventos, mas é aliar tal estudo a um conjunto de recomendações que possam contribuir socialmente, minimizando esses danos.

No intuito de contribuir com essa população penalizada pelas cheias optamos por fazer um estudo sobre esses eventos extremos que ocasionam danos e prejuízos, bem como, delinear estratégias de convívio com esses eventos que sejam compatíveis com a realidade econômica dos municípios envolvidos.

No caso específico dos municípios de Pedro Osório e Cerrito, os estudos até agora realizados ativeram-se aos aspectos hidrológicos que subsidiassem obras realizadas pelos seguintes órgãos públicos: o Departamento Autárquico de Estradas e Rodagem (DAER), o Departamento Nacional de Estradas e Rodagem (DNER), a Rede Ferroviária Federal S.A.(RFFSA) e, mais recentemente, a empresa de transportes ferroviários Sul Atlântico. Os levantamentos realizados foram pontuais e visavam solucionar os problemas ocasionados pelas cheias nas vias de transporte. Os trabalhos se restringiam a consultorias técnicas para dimensionar a resistência das pontes e estradas às vazões máximas excepcionais e, preferencialmente, otimizar os custos das referidas obras. Estudos deste escopo são bastante

controversos, pois a prioridade não está centrada no homem que ocupa esses espaços de risco.

As cidades de Pedro Osório e Cerrito são periodicamente desestruturadas pelas cheias do rio Piratini. As águas invadem o espaço socialmente construído sem enviar um prévio aviso, ocasionando danos de diversas ordens à população local. Instaura-se uma situação de calamidade pública tanto para os habitantes como para os administradores.

Será socialmente justo que estas comunidades esperem a recorrência desse fenômeno apenas espreitando a subida do nível das águas? Será que as instituições de pesquisa não podem prestar sua contribuição, desenvolvendo estudos que possam ser convertidos em subsídios para a solução desse problema?

Considerando a Geografia como uma ciência cujo fazer encontra-se na interface das ciências sociais e das ciências da natureza, acreditamos que a análise geográfica dessa problemática pode contribuir tanto para a compreensão da dinâmica das cheias, como para buscar alternativas que compatibilizem as relações dessas sociedades com a dinâmica fluvial.

## **1.2 Objetivos do estudo**

A presente dissertação é um trabalho de análise das inundações periódicas que ocorrem nos municípios de Pedro Osório e Cerrito em virtude das cheias do rio Piratini. Num primeiro momento a análise das inundações perpassa pela compreensão da bacia hidrográfica do rio Piratini, enquanto unidade ambiental, pois mesmo que as inundações

afetem sobretudo as planícies aluviais, elas resultam da interação dos diversos elementos que constituem a bacia de drenagem, sejam eles naturais ou antrópicos.

Para tanto, houve a necessidade de:

- Caracterizar a bacia hidrográfica do rio Piratini sob os múltiplos aspectos que influem em sua dinâmica hidrológica;
- Resgatar, historicamente, as principais inundações ocorridas nos municípios supracitados;
- Identificar os principais impactos causados pelas inundações;
- Analisar dados hidrológicos sob o ponto de vista qualitativo e também através da utilização de ferramentas estatísticas;
- Proceder a um levantamento da secção transversal do rio Piratini entre Pedro Osório e Cerrito;
- Diagnosticar condições de risco de inundações a que estas cidades estão expostas;
- Efetuar o zoneamento das áreas de inundação;
- Contribuir para o planejamento urbano de áreas críticas, sujeitas a inundação;

## **CAPÍTULO 2**

### **METODOLOGIA**

#### **2.1 – A Bacia Hidrográfica e o Recorte Territorial**

A noção de bacia hidrográfica pressupõe uma unidade ambiental integrada, onde todos os seus elementos componentes apresentam-se de tal forma integrados, que, qualquer modificação introduzida na bacia implicará em ajustes, mesmo que sutis, às novas condições.

Em princípio, tal pressuposto, intimida a quem pretende aprofundar estudos sobre um dado fenômeno no âmbito de uma bacia hidrográfica. No entanto, aceitamos esse desafio de abstrair os aspectos ambientais que julgamos mais significativos para efetuar a análise proposta nesta pesquisa.

No caso específico do presente estudo, faz-se necessário um recorte territorial na bacia hidrográfica, ou seja, uma delimitação espacial compreendendo as áreas urbanas dos municípios de Pedro Osório e Cerrito sujeitas às inundações periódicas, haja vista que os objetivos deste trabalho estão centrados na compreensão desses eventos que ocorrem nas referidas áreas urbanas, embora não tenhamos prescindido de buscar inúmeros trabalhos que permitissem conhecer aspectos referentes às características ambientais da bacia e que possibilitassem a compreensão de sua dinâmica.

#### **2.2 – Procedimentos Metodológicos**

Para analisar as inundações ocorridas e mapear as áreas inundadas para eventos extremos foram necessários os seguintes procedimentos metodológicos: levantamento

bibliográfico, trabalhos de campo, coligir dados e informações, analisar estatisticamente os dados reunidos e utilizar técnicas de geoprocessamento para o mapeamento. A seguir detalhamos os procedimentos.

### **2.2.1 – Trabalhos de Campo**

Para obter informações específicas sobre as inundações ocorridas em Pedro Osório e Cerrito, foram realizados trabalhos de campo com os seguintes objetivos:

- Realizar entrevistas com moradores locais buscando informações sobre as inundações ocorridas;
- Percorrer diferentes pontos da bacia hidrográfica do rio Piratini para analisar a paisagem e identificar possíveis fatores de influência sobre as inundações;
- Visitar as estações fluviométricas ainda em funcionamento para observar as condições locais;
- Tomar as cotas altimétricas à partir da referência de nível (RN);
- Realizar medições na secção transversal do rio Piratini com a finalidade de traçar seu perfil;

A realização de entrevistas foi um dos métodos utilizados por constituir-se em um processo de interação entre a pesquisadora e os moradores locais. Seguindo a proposição de COGNESE & MÉLO (1998), utilizou-se a modalidade de entrevista não diretiva, onde o tema das inundações era posto aos entrevistados para que discorressem livremente sobre suas experiências pessoais durante os referidos eventos. As entrevistas foram realizadas em caráter individual e informalmente.

Para proceder às entrevistas estabeleceu-se como critérios:

- a. representação dos diferentes segmentos sociais dos municípios;
- b. memória viva das três grandes cheias;

Outra atividade realizada no sentido de conclamar a participação de pessoas interessadas em contribuir com depoimentos sobre o seu “vivenciar as cheias” foi uma promoção realizada em parceria com a rádio local, onde os ouvintes que enviassem cartas relatando as situações vivenciadas concorreriam a um prêmio.

Outra atividade de campo necessária ao desenvolvimento da pesquisa foi a tomada das cotas altimétricas verdadeiras (Fotografia 1). Para essa atividade foi necessário o auxílio de um topógrafo e equipamento apropriado, uma mira e régua. A referência de nível utilizada foi a existente junto aos prédios das antigas estações ferroviárias de Pedro Osório e de Cerrito. A partir dessas referências foram tomadas as cotas verdadeiras, tanto para as marcas históricas das inundações, como para realização do perfil transversal.

**Fotografia 1** – Medida da seção transversal do rio Piratini – Pedro Osório/Cerrito



### **2.2.2 - Levantamento Bibliográfico**

O levantamento bibliográfico teve como objetivo buscar as informações existentes sobre a bacia hidrográfica do rio Piratini, assim como dos municípios de Pedro Osório e Cerrito, além de consubstanciar o tratamento de dados que atendessem aos objetivos do presente estudo.

Neste levantamento, realizou-se a unitarização e a categorização dos eixos temáticos a fim de fundamentar a pesquisa. O processo de unitarização, conforme MORAES (1994), parte de uma análise textual qualitativa referente ao fenômeno estudado, onde se procede, primeiramente, a uma fragmentação dos textos e, posteriormente, a uma reconstrução dos mesmos, de modo que assumam um significado mais completo ao objeto de estudo.

O processo de categorização, além de reunir elementos semelhantes, também implica em nomear e definir as categorias, cada vez com maior precisão, na medida em que vão sendo construídas. No seu conjunto, as categorias constituem os elementos de sistematização da análise que se pretende realizar.

### **2.2.3 - Levantamento de Dados**

Para avaliação a partir do comportamento hidrológico dos cursos fluviais faz-se necessário a obtenção de dados referentes à pluviometria e a variação do nível do rio. Para ambos os parâmetros a coleta de dados é difícil, o que pode ser justificado pelos altos custos de implantação, operação e manutenção de uma rede hidrológica. Em virtude da escassez de informações, faz-se necessário a utilização de metodologias para a otimização das informações disponíveis.

As estações pluviométricas e fluviométricas existentes na bacia hidrográfica em estudo, apresentam problemas de duas ordens: primeiro, foram implantadas tardiamente.

Apenas a partir dos anos sessenta é que foram instalados alguns postos meteorológicos; segundo, a maior parte das estações apresenta falhas na observação dos dados, ou dados não confiáveis. Os dados hidrológicos utilizados neste estudo foram fornecidos pela Companhia Riograndense de Recursos Minerais (CPRM).

### **2.2.3.1 - Estações Fluviométricas e a Inconsistência dos Dados**

BRUNIARD (1992) sugere que as estações fluviométricas sejam instaladas nas seções mais regulares do rio, sobre margens elevadas e não mais sujeitas ao transbordamento, e cujo leito seja estável. Porém, em muitos casos, isso não é possível e as estações de controle são instaladas levando em consideração, principalmente, a facilidade de acesso a elas pelo observador, sendo bastante comum estarem localizadas nas proximidades de pontes.

No caso específico das estações fluviométricas existentes na bacia do rio Piratini, deve-se ressaltar que já existiram seis estações em diferentes trechos do rio Piratini e em seu principal tributário, o arroio Basílio. Hoje, apenas uma, a do arroio Basílio em Cerro Chato, encontra-se em funcionamento (Tabela 1).

A estação fluviométrica Ponte do Império localiza-se junto à ponte homônima. O rio Piratini nesse trecho apresenta uma seção transversal regular e o leito arenoso, com muitos bancos aluviais temporários e um grande banco aluvial permanente e já fixado por vegetação arbustiva. As margens argilo-arenosas registram feições da ação fluvial em diversos níveis.

Curso Fluvial Estação	Localização	Período de Funcionamento	Área de Drenagem km <sup>2</sup>	Altitude (m)
Piratini Ponte do Império	BR-293 município de Piratini	23/09/1976 17/08/1989	1873	90
Piratini Picada Nova	Estrada Pedro Osório Cerro Chato município de Pedro Osório	12/10/1965 31/12/1977	2236	30
Piratini Passo do Piratini	Próximo à cidade de Pedro Osório	17/12/1941 30/04/1954	4781	20
Piratini Passo do Ricardo	BR 116 município de Arroio Grande	01/08/1961 31/01/1983	5370	15
Basílio Cerro Chato	Cerro Chato município de Pinheiro Machado	01/09/1976	1043	115
Basílio Contrato	Estrada Municipal Pedro Osório/Basílio município de Piratini	05/10/1965 12/06/1978	2371	37

**Tabela 1 – Estações fluviométricas da bacia hidrográfica do rio Piratini**

A estação Picada Nova está localizada na intersecção entre o rio Piratini e a estrada vicinal que liga Pedro Osório a Cerro Chato, à jusante da estação anterior e à montante da confluência entre o rio Piratini e o arroio Basílio.

A estação Passo do Piratini está localizada junto à cidade de Pedro Osório, à jusante da confluência entre o rio Piratini e o arroio Basílio, esta estação apresentando também períodos de ausência de leituras.

A estação Passo do Ricardo está localizada próximo à intersecção do rio Piratini com a BR-116, no trecho Pedro Osório/Pelotas. Nesta seção o rio Piratini apresenta margens argilo-arenosas cobertas de vegetação arbustiva, o leito com carga arenosa e canal reto.

As estações Contrato e Cerro Chato foram estabelecidas no principal afluente do rio Piratini, o Arroio Basílio. Este arroio nasce na Coxilha de Pedras Altas, e segue em direção leste até encontrar o rio Piratini na cidade de Pedro Osório.

A estação Contrato encontrava-se a 7 km de Pedro Osório, a seção transversal é irregular, o leito é arenoso, as margens são argilo-arenosas e a vegetação é bastante densa. A estação teve sérios problemas de observação.

A estação Cerro Chato fica localizada junto a uma ponte de pequena altura à jusante de uma cachoeira, a seção transversal é irregular, o leito e as margens são arenosas.

### **2.2.3.2 - Dados Pluviométricos**

Os dados provenientes das estações pluviométricas são de extrema importância para estudos referentes à dinâmica hidrológica de uma bacia de drenagem.

Na bacia hidrográfica do rio Piratini as estações pluviométricas foram instaladas, tardiamente, na ordem que se observa a seguir:

- **1965** - Pedras Altas, Pinheiro Machado e Passo do Ricardo;
- **1977** - Vila Freire, Pedro Osório, Cerro Chato e Ferraria;
- **1980** – Estação Experimental;

O banco de dados proveniente destas observações apresenta inúmeras falhas, que podem ser justificadas pela ausência do observador. Apenas de 1980 a 1982 as séries de dados apresentam-se completas para todas as estações. Para os demais anos, entre 1965 e 1995 há reduzido número de estações em funcionamento.

Na Tabela 2 estão relacionadas as estações pluviométricas em funcionamento nos anos de 1983 e 1992, com os respectivos picos de precipitação dos anos em que ocorreram as grandes inundações em Pedro Osório e Cerrito. E também com o somatório das precipitações dos trinta dias que antecederam as precipitações máximas.

Ano	Estações	P.Osório (27,0 m)	Ferraria (200,0 m)	Experimental (340,0 m)	P.Machado (440,0 m)	P. Altas (380,0 m)
1983	Antecedente 30 dias	214,2 mm	167,8 mm	168,2 mm	187,6 mm	114,6 mm
	Pico de Precipitação	175,0 mm (15/02)	216,8 mm (14/02)	278,0 mm (15/02)	148,0 mm (15/02)	172,4 mm (15/02)
1992	Antecedente 30 dias		103,0 mm	80,5 mm	52,3 mm	96,2 mm
	Pico de Precipitação	276,0 mm* (12 a 14/04)	308,3 mm (12 a 14/04)	281,1 mm (12 a 14/04)	336,0 mm (12 a 14/04)	295,0 mm (12 a 14/04)

**Tabela 2 – Precipitação no período das cheias de 1983/1992 e precipitação antecedente**

\*precipitação estimada

As estações Pedras Altas, Pinheiro Machado e Estação Experimental localizam-se junto às nascentes e/ou no alto curso do rio Piratini e a estação Ferraria localiza-se junto às nascentes do arroio Basílio. Os dados de precipitação não foram utilizados na estimativa das vazões máximas, uma vez que tal procedimento só é recomendado quando a bacia hidrográfica sofreu profundas transformações, o que não é o caso da bacia hidrográfica do rio Piratini. Porém, o manuseio empírico desses dados, mesmo com falhas e inconsistências, auxilia na compreensão da dinâmica hidrológica da bacia, principalmente quando relacionado aos aspectos qualitativos dos eventos pluviais relatados pela população local.

#### **2.2.4 – Método de Regionalização de Vazões Máximas**

Em virtude dos problemas existentes nas séries de dados hidrológicos da bacia hidrográfica do rio Piratini e considerando-se de fundamental importância um estudo estatístico que permitisse estimar a ocorrência de vazões máximas na seção transversal Pedro Osório/Cerrito, assim como a probabilidade de ocorrência de cotas de enchente iguais ou superiores às cotas históricas atingidas e seus diferentes tempos de retorno, foi utilizado o Método de Regionalização de Vazões Máximas.

O termo regionalização é utilizado em hidrologia para designar a transferência de informações de um local para outro dentro de uma área de comportamento hidrológico similar, assim, no presente estudo, o referido método foi utilizado para realizar a estimativa de vazões máximas da seção transversal Pedro Osório/Cerrito utilizando os dados fluviométricos da bacia do rio Camaquã, pelo fato de constituírem séries temporais mais representativas e consistentes que as séries de dados da bacia do rio Piratini.

Dentre os procedimentos disponíveis para a regionalização de funções estatísticas optou-se pela utilização do Método que regionaliza uma curva de probabilidade adimensional e seu fator de adimensionalização. Este método adimensionaliza as curvas individuais de probabilidade com base no seu valor médio, e estabelece uma curva adimensional regional média dos postos com uma mesma tendência.

No caso da regionalização, a análise dos dados básicos deve ser orientada para que a escolha e seleção das informações sejam examinadas de acordo com a variável regionalizada. Os dados hidrológicos, cartográficos e descritivos da região a ser regionalizada foram reunidos permitindo visualizar e entender o comportamento hidrológico da bacia.

A variável utilizada como objeto de estudo foi a vazão máxima, a qual se refere aos valores extremos que podem produzir enchentes nas margens. A estimativa desta variável torna-se importante para o planejamento territorial que vise minimizar os impactos causados pelas inundações e/ou para implementar medidas controle das mesmas .

### 2.2.5 – Cartografia de Risco de Inundação

A base cartográfica utilizada neste mapeamento foi o Mapa Planialtimétrico de Pedro Osório e Cerrito em uma escala 1:2000, publicado pela Superintendência de Desenvolvimento do Sul (SUDESUL), 1978.

A geração do mapa final foi realizada a partir de digitalização direta dos arquivos raster a partir de meio manual com acompanhamento visual em monitor, através do *software Autocad Map 2000* e do *Cad Overlay*. A seguir citam-se os passos seguidos por meio do programa referido:

- Criação de um arquivo vetorial para cada planta digitalizada originalmente, com os seguintes planos de informação: altimetria das plantas, caminhos e estradas vicinais fora da área urbana, os canais artificiais presentes na área urbana, construções mais importantes na área urbana como canchas de esporte, prédios públicos ou pontes, estrada de ferro presente na planta, hidrografia incluindo rios, lagos e outros, quadras e cercas na área urbana e periferia, eixos de ruas e avenidas, toponímia das ruas, vegetação principal das margens de rios e grade de coordenadas UTM.
- Geração de uma grade de coordenadas UTM na projeção original da planta - Universal Transversa de Mercator - com *datum* em Córrego Alegre e com as coordenadas da mesma em intervalos de 200 m.
- Inserção da imagem *raster* da planta a partir de recurso inserir imagem e adequação da mesma à grade de coordenadas a partir do recurso *rubbersheet* do *Cad Overlay*.
- Após a digitalização de todas as plantas os arquivos foram agrupados num só arquivo.
- arquivo final foi corrigido nas partes onde houve a junção dos originais.

- Foram inseridas as cotas de cheia, demarcando as áreas de passagem de enchente, zona com restrição e zona de baixo risco.

Por último foi confeccionada a apresentação cartográfica do mapa final para a impressão em papel do mesmo.

## **CAPÍTULO 3**

### **ÁREA DE ESTUDO**

#### **3.1 Características Regionais da Bacia Hidrográfica do Rio Piratini**

A dinâmica hidrológica de uma bacia de drenagem é condicionada por vários fatores, entre eles podemos destacar a dinâmica atmosférica regional, as características físicas da bacia e a presença de modificações introduzidas pelas atividades humanas. Levando-se em consideração, respectivamente, apenas os dois primeiros fatores podemos inferir que, enquanto as precipitações fornecem água a ser drenada, a superfície de recepção das águas pluviais irá ditar a forma de distribuição espacial da pluviometria e o tempo que a água levará para alcançar os canais.

Nesse contexto, características como a área da bacia, sua forma, a altitude, a declividade, as condições climáticas regionais, a geologia, a geomorfologia, o tipo de solo, a cobertura vegetal e as formas de uso do solo, são parâmetros importantes e que devem ser analisados para melhor compreensão da dinâmica hidrológica de uma bacia hidrográfica.

##### **3.1.1 - Aspectos Gerais**

A bacia do rio Piratini (Figura 2) enquadra-se como uma das sub-bacias da Lagoa Mirim. Segundo informações obtidas junto à Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento do Estado (DRHS), a bacia da Lagoa Mirim alcança, aproximadamente, 62.250 km<sup>2</sup>, dos quais 29.250 km<sup>2</sup>, em território brasileiro e 33.000 km<sup>2</sup> no Uruguai, sendo que a sub-bacia do rio Piratini, está totalmente em território nacional, e apresenta uma área de drenagem de 6.917 km<sup>2</sup>.

As nascentes do rio Piratini encontram-se na Unidade Geomorfológica dos Planaltos Residuais Canguçu-Caçapava (JUSTUS *et alli*, 1986) na Serra das Asprezas, município de



Pinheiro Machado a uma altitude de, aproximadamente, 400 m e sua foz encontra-se no canal São Gonçalo a uma altitude de 4 m. Sua extensão total é de 132 km.

A disposição espacial dessa bacia em planta lembra um leque aberto para montante, estreitando-se consideravelmente para jusante.

O rio Piratini no trecho entre Pedro Osório e Cerrito apresenta um volume de água correspondente a drenagem de 4871 km<sup>2</sup> de área, isto é, nesse trecho o Piratini já drenou 70,4% da área total da bacia. Além disso, devemos considerar que as referidas cidades estão localizadas na borda do planalto, mais precisamente na Unidade Geomorfológica Planalto Rebaixado Marginal (JUSTUS *et alli*, 1986), a uma altitude de 27 m, portanto um gradiente de declividade acentuado entre as nascentes e esse trecho do rio, em que ele adentrando na região geomorfológica Planície Costeira Interna (JUSTUS *et alli*, 1986). Assim, as águas que vinham sendo coletadas e conduzidas a velocidades mais altas passam a ser freadas pelos fracos gradientes de declividade que às conduzem até a sua foz, no Canal São Gonçalo.

### **3.1.2 – O Deflúvio do Rio Piratini e a Dinâmica Climática Regional**

A determinação do deflúvio de um rio depende, principalmente, de duas séries de fatores independentes entre si, isto é, dos fatores climáticos e das características físicas da bacia de drenagem (BIGARELLA & SUGUIO, 1990). A vazão dos cursos de água está fortemente vinculada às características climáticas regionais, pois dessas características decorrem o tipo, a intensidade e a distribuição sazonal das chuvas, além, é claro, das condições de temperatura, evapotranspiração e direção dos ventos, que interferem de forma indireta.

Estudos de MOTA *et alli* (1970) sobre o balanço hídrico do Rio Grande do Sul a partir da relação entre as chuvas, a evapotranspiração e o armazenamento de água no solo,

demonstram que a zona sul do Estado apresenta uma sazonalidade, isto é, há uma estação seca, uma estação de reposição de água no solo e uma estação de excesso de água.

Considerando-se os estudos de MOTA *et alli* (1970) no município de Piratini, município este que abrange boa parte da bacia hidrográfica em estudo, observa-se que a estação seca ocorre nos meses de novembro e dezembro. Durante essa estação a maior parte da água disponível é a que ficou armazenada no solo durante a estação de excesso de água que se estende de meados de março até outubro. A estação de reposição de água no solo ocorre de janeiro a meados de março, nessa estação a reposição de água no solo é superior à evapotranspiração potencial, porém não é suficiente para saturar o solo.

Os mesmos autores salientam que a variabilidade da pluviosidade de um ano para outro pode determinar grandes flutuações nos excessos e deficiências de água em uma mesma região.

A regionalização climática proposta por OLIVEIRA & RIBEIRO (1986), baseada nos parâmetros precipitação pluviométrica e temperatura, define três climas regionais para o Rio Grande do Sul: Superúmido a Úmido; Úmido; e Úmido a Sub-úmido. O primeiro restringe-se a pequenas áreas localizadas nos patamares da Serra Geral; o segundo situa-se na porção norte do Estado; e o terceiro domina a metade meridional, área onde se localiza a bacia hidrográfica do rio Piratini.

As precipitações na porção meridional do Rio Grande do Sul são do tipo frontal e tem sua origem vinculada aos sistemas atmosféricos de escala sinótica e sub-sinótica que afetam toda a porção sudeste da América do Sul, influenciados tanto por fatores associados à circulação de grande escala como às circulações locais. Os sistemas frontais tipificam-se como fenômenos de escala sinótica, originados à partir de ondas baroclínicas das latitudes médias (CLIMANÁLISE, 1986). Tais ondas, provenientes do Oceano Pacífico,

modificam-se ao atravessar os Andes e interagem com a circulação atmosférica sobre a América do Sul, propagando-se de Sudoeste (SW) para Nordeste (NE).

Os sistemas frontais interagem com a convecção tropical durante quase todo o ano formando nuvens do tipo cúmulos, responsáveis pela maior parte das precipitações na região tropical e subtropical.

O Sul do Brasil é atingido pelos principais sistemas ou centros de ação: o anticiclone do Atlântico e os anticiclones móveis de origem polar. O anticiclone do Atlântico é um sistema de alta pressão do tipo permanente (semifixo) com escoamento divergente na superfície, situado sobre o Atlântico Sul com centro em torno de 30° S. Este apresenta variações e deslocamentos com periodicidade sazonal conforme descrito por TCHERNIA (1981).

O centro de alta pressão é mais forte nos meses de verão e torna-se mais fraco, deslocando-se para menores latitudes, no inverno. Este centro de divergência constitui-se na fonte principal de massas de ar tropicais marítimas, uma massa de ar de temperaturas elevadas e alta umidade específica fornecida pela intensa evaporação marítima, que intervém de maneira importante no quadro de circulação atmosférica do sul do Brasil.

Os sistemas anticiclônicos de origem polar propagam-se para baixas latitudes, apresentando grande mobilidade. Estes sistemas transportam a massa de ar polar que, no início de seu deslocamento, apresenta baixa temperatura e baixa umidade. Ventos de quadrante Sul (SW, SE) estão normalmente associados à ação destes centros móveis.

Entre os dois sistemas de alta pressão acima descritos aparece uma zona de depressão que se constitui numa descontinuidade para a qual convergem o vento das duas massas de ar, da massa de ar tropical marítima e massa de ar polar (frentes frias) e estes ventos convergentes tornam o tempo instável e geralmente chuvoso.

A atuação das correntes perturbadas que tornam o tempo instável e a ocorrência de chuvas se faz com tal frequência que raramente se verifica, em termos médios, um mês com pluviosidade inferior a 60 mm (Tabela 7). Durante o outono, inverno e primavera, a entrada das frentes frias, com deslocamentos ora lentos, ora rápidos, porém sempre frequentes, aumentam a pluviometria na região.

A bacia hidrográfica do rio Piratini apresenta dinâmica hidrológica vinculada a essa dinâmica climática regional, com precipitações pluviométricas geradas por sistemas frontais que atingem essa área com mais frequência e regularidade no período de março a outubro. Porém, mesmo que possa ser estabelecida uma certa “normalidade” ao ritmo de ocorrência de precipitações pluviométricas nessa área, não é essa a responsável pelas cheias excepcionais, mas sim os eventos de precipitação pluviométrica que fogem a essa dita “normalidade”.

As fortes precipitações responsáveis pela ocorrência de inundações em Pedro Osório e Cerrito em abril de 1959, fevereiro de 1983 e abril de 1992 destacam-se pela intensidade da chuva quando relacionado à duração média do evento.

Segundo o CPTEC-INPE (1998) os anos de 1958, 1983 e 1992 foram anos de *El Niño*, fenômeno que se caracteriza por um aquecimento anômalo das águas superficiais do Pacífico Equatorial Oriental. O aquecimento e o subsequente resfriamento num episódio típico de *El Niño* duram de 12 a 18 meses, porém atingem sua máxima intensidade durante dezembro do ano de ocorrência e janeiro do próximo e se enfraquece na metade do segundo ano.

O aumento da temperatura da superfície oceânica leva a um incremento da quantidade de vapor d'água para a atmosfera, além de desencadear mudanças na circulação atmosférica e na precipitação em escala regional e global.

Na Tabela 3 podemos observar as precipitações médias mensais de Pedro Osório no período de 1977 a 1995, onde colocamos em destaque os totais anuais dos anos de 1977, 1983, 1987 e 1992 por relacionarem-se a anos de *El Niño*.

**Tabela 3 – Totais de Precipitação Mês/Ano – Estação Pedro Osório**

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
1977	141,7*	141,7*	100,8	129,8	67,3	124,8	511,6	52,0	108,0	178,6	83,3	27,1	1666,7*
1978	92,0	97,9	84,7	84,7	54,0	92,2	172,6*	36,4	58,2	105,5	88,8	88,0	1055,0*
1979	3,6	50,2	57,1	89,3	55,8	31,4	92,7	169,5	238,8*	68,7*	75,0	192,0	1124,1*
1980	25,8	73,7	324,1	153,8	86,2	160,6	128,8	31,6	17,3	211,3	69,1	231,5	1513,8
1981	94,0	153,0	51,8	109,7	121,1	140,0	111,1	42,6	225,4	27,8	128,7	55,2	1260,4
1982	43,2	167,6	32,6	5,0	98,4	131,6*	133,4	144,4	195,4	115,8	128,0	106,4	1301,8*
1983	226,3	381,2	46,8	60,2	96,2	107,2	186,6	96,8	79,0	161,4	265,2	61,2	1768,1
1984	161,0	237,0	39,8*	93,2	207,0	217,1	117,4	94,2	169,2*	102,7*	19,4	55,6	1513,6*
1985	99,4	49,5*	182,6	102,4	75,4	123,8	109,2	166,6	156,8	68,8	59,8	14,0	1208,3*
1986	144,2	140,0	195,8	178,0	185,0	98,0	47,2	116,6	79,8	161,5	162,2	31,0	1539,3
1987	78,7	45,9	144,9	277,3	212,3	49,4	242,2	374,0	145,6	70,1	75,9	115,0	1831,3
1988	167,1	61,4	50,9	93,2	36,4	77,0	74,4	46,3	61,5	40,7	79,8	54,9*	843,6*
1989	106,6	63,0*	29,6	81,4	29,3	8,2	38,6	72,0	54,2	43,7	115,8	38,6	681,0*
1990	49,8	302,2	186,0	125,4	62,7	35,6	60,1	32,2	149,8	87,0	205,4	96,7	1393,2
1991	13,1*	18,0*	90,1	195,0	67,2*	101,2*	100,0	56,4	61,4	182,4	216,0	160,0*	1260,8*
1992	102,8*	194,6	143,8*	276,0*	69,5*	145,4*	127,2	47,9	119,5*	63,3*	70,1*	92,5	1452,6*
1993	195,3	86,0*	26,1*	67,5	192,4	74,0	134,2	59,0	62,0	151,3	164,5	60,0	1272,4*
1994	81,0	160,0	88,0	46,0	77,3	144,8	213,3	66,4	94,9	220,5	92,3	101,1	1385,6
1995	60,2	84,1	119,6	91,8	79,0	160,6	500,3	89,6	105,1	69,5	104,4	87,2	1551,4

\*precipitação estimada

### 3.1.3 – Aspectos Geológico-geomorfológicos

Sob o ponto de vista geológico, a bacia do rio Piratini dispõe-se sobre terrenos da porção sul da Província Mantiqueira e da Província Costeira (ALMEIDA *et alli*, 1981 *apud* JUSTUS, 1986). A maior parte da Bacia do rio Piratini situa-se sobre o Bloco Dom Feliciano (FRAGOSO-CÉSAR, 1980 *apud* JUSTUS, 1986), formado por rochas metamórficas, gnaisses, migmatitos e granitóides. As litologias predominantemente cristalinas e cristalofilianas conferem a esta área reduzida permeabilidade, excepcionalmente, a permeabilidade mostra-se favorecida em alguns setores de ocorrência de lineamentos e falhamentos, como demonstram os estudos de ISAKOVIC (1969).

A referida bacia assenta-se sobre os terrenos da região Geomorfológica do Planalto Sul-Rio-Grandense e da Planície Costeira Interna. Os afluentes se distribuem por todas as direções e se unem, formando ângulos agudos de graduações variáveis, portanto, com um padrão dendrítico (CHRISTOFOLETTI, 1980). A maior parte dos cursos de água que constituem a bacia são de pequeno porte, arroios e sangas, merecendo destaque o arroio Basílio, como seu principal tributário.

O Planalto Sul-Rio-Grandense encontra-se vinculado ao Domínio Morfoestrutural dos Embasamentos em Estilos Complexos e prolonga-se até o Domínio Morfoestrutural dos Depósitos Sedimentares, à leste. Tal complexidade geológica reflete-se na geomorfologia local e no entalhamento da drenagem.

Segundo JUSTUS *et alli* (1986), os canais da bacia mostram-se encaixados, no alto e médio curso, pois estão fortemente influenciados pela estrutura tectônica regional e a dissecação obedeceu, preferencialmente, às linhas estruturais, esculturando sulcos e vales profundos.

Ora, as características geológicas e geomorfológicas da área em estudo, e que constituem o suporte receptor das precipitações influenciam o escoamento superficial. Uma vez saturado o delgado manto de intemperismo, ocorre o rápido escoamento superficial, principalmente na porção à montante da bacia onde o maior gradiente de declividade das vertentes intensifica a velocidade das águas que escoam superficialmente.

### **3.1.4 – Aspectos Pedológicos**

Estudos de SOMBROEK (1969) identificam os tipos de solos na bacia hidrográfica do rio Piratini a partir da compartimentação do relevo em três grandes unidades: Zonas Altas, Zona Central e Zona Sedimentar.

O compartimento da Zona Alta compreende as porções mais altas do relevo, cujo substrato geológico é composto por rochas ígneas e metamórficas. Os solos dessa zona são rasos e muitas vezes pedregosos, classificados na sua maior parte como litossolos e regossolos. Apenas em algumas áreas não rochosas é identificada a ocorrência de solos podzólicos pouco profundos.

Segundo GUERRA & BOTELHO (1998) tanto os solos litólicos como os regossolos facilitam o escoamento superficial e processos erosivos, devido a sua pequena espessura e ao contato direto solo-rocha, gerando rápida saturação durante as chuvas. Ambos os casos têm conseqüências diretas sobre a capacidade de drenagem da bacia hidrográfica, pois o predomínio de escoamento superficial, leva a água precipitada a concentrar-se rapidamente nos canais, além de facilitar o assoreamento dos mesmos. O assoreamento constituí-se em um problema porque provoca a diminuição da área da seção do rio e também da sua capacidade de escoamento. Para ajustar-se a nova situação, o rio aumenta sua largura, conseqüentemente amplia as áreas sujeitas à inundação.

O compartimento da Zona Central corresponde às áreas de relevo ondulado e topograficamente mais baixo que a Zona Alta. Esse compartimento é drenado pelo rio Piratini e pelo arroio Basílio em seu médio curso. Os solos apresentam-se razoavelmente profundos, desenvolvidos e bem drenados, do tipo podzólico vermelho-amarelo, com textura arenosa/argilosa e cobertos com vegetação campestre.

Convém salientar que nos solos podzólicos o horizonte B caracteriza-se pelo acúmulo de argilas, fato que dificulta a infiltração em maior profundidade ao longo do perfil, facilitando o escoamento subsuperficial.

O compartimento da Zona Sedimentar corresponde às áreas planas ou aplainadas constituídas por sedimentos pleistocênicos de origem coluvial e aluvial e por sedimentos holocênicos que aparecem ao longo do vale dos rios e arroios. Esses sedimentos recobrem a planície de inundação do rio Piratini e, em grande parte, encontram-se cobertos pela mata ciliar.

Os sedimentos pleistocênicos constituem os terrenos mais altos ao longo dos rios principais. Nesses terrenos as elevações são longas e suaves, com declividade de 2 a 4% e as altitudes entre 60 a 25 m. Em geral aparecem no sopé das colinas.

Os solos desenvolvidos nesse compartimento foram classificados como: hidromórficos, glei húmico e planossolo. Caracterizam-se por serem mal drenados, isto é, concentram muita umidade.

Os terrenos holocênicos constituem uma planície baixa temporariamente ou permanentemente inundada pela água dos rios e arroios, com solos deficientemente drenados. Nesses terrenos SOMBROECK (1969) identificou solos do tipo Fluvisol, formados por sedimentos arenosos recentes e solos Humic Gleysol, formados por

sedimentos mais finos do tipo siltes e argilas, sobre o qual se desenvolveu uma mata densa e diversificada.

### **3.1.5 – A Cobertura Vegetal**

A cobertura vegetal desempenha um papel significativo na dinâmica hidrológica de uma bacia hidrográfica. Os emaranhados das hastes da vegetação herbácea, a cobertura arbórea e os detritos vegetais que recobrem o solo interceptam a chuva e retardam o escoamento superficial das águas precipitadas, além de facilitar a infiltração e proteger o solo da atuação de processos erosivos que levam ao assoreamento dos canais fluviais (CASSETI, 1991).

A cobertura vegetal na área da bacia hidrográfica do Piratini resulta da interação de vários componentes ambientais, entre os quais merecem destaque: as condições paleoclimáticas, o clima atual subtropical subúmido, os solos, em geral rasos, e o relevo aplainado e dissecado.

TEIXEIRA *et alli* (1986) classificou a vegetação campestre intercalada por pequenas plantas lenhosas e arbóreas que cobrem essa área como Savana. Dentro dessa classe genérica foram identificadas diferenciações das características fisionômicas-ecológicas, conforme as variações locais dos elementos em interação.

Os terrenos mais altos e ondulados, com solos litólicos e podzólicos rasos ou medianamente profundos, onde ficam as nascentes do rio Piratini, apresentam-se cobertos por Savana Arbórea Aberta e por Savana Parque. Estas formações caracterizam-se por apresentar um estrato herbáceo, representado por macegas e por diversos tipos de gramíneas e, um estrato arbóreo, constituído por árvores de pequeno porte e com copas relativamente bem desenvolvidas.

Nas áreas aplainadas as árvores apresentam-se distribuídas de forma esparsa, enquanto que nas áreas mais fortemente dissecadas apresentam-se concentradas, constituindo pequenas matas-galeria.

As referidas formações diferenciam-se em sua fitofisionomia. A Savana Parque não apresenta uniformidade na distribuição dos indivíduos arbóreos, isto é, ora aparecem concentradas em agrupamentos mais ou menos extensos, ora predominam longos trechos com raros exemplares arbóreos, enquanto que a Savana Arbórea Aberta apresenta maior uniformidade na distribuição dos exemplares.

No baixo curso do rio Piratini, grande parte da planície de inundação, encontra-se uma extensa mata ciliar. Segundo LIMA & ZAKIA (2000), as matas ciliares ocupam as áreas mais dinâmicas da paisagem, tanto em termos hidrológicos, como ecológicos e geomorfológicos.



**Fotografia 2** – mata ciliar do rio Piratini.

### 3.1.6 – O Uso do Solo

A área da bacia hidrográfica do rio Piratini apresenta-se bem preservada em seu conjunto, pois o marasmo econômico que a Zona Sul do Estado enfrenta desde longa data, fez com que os municípios dessa área se mantivessem relativamente estagnados, sendo que as principais atividades desenvolvidas são a agricultura e a pecuária. Os núcleos urbanos são pequenos e dispersos espacialmente, não se observando impactos de monta que possam ser gerados pelas atividades praticadas.

Na porção montante da bacia é possível observar extensas áreas de silvicultura, principalmente de pinheiros, acácias e eucaliptos. No município de Piratini a área florestada com *Pinus Elliottis* e com Acácia Negra é de, aproximadamente, 22.000 ha.(ALMEIDA, 1999).

A atividade agrícola apresenta-se disseminada em toda a área da bacia. Os produtos cultivados são bastante diversificados, destacando-se o milho, a soja, a cevada cervejeira, o arroz irrigado e as áreas de fruticultura.

Os municípios de Pedro Osório e Cerrito apresentam, igualmente, uma agricultura diversificada, porém, como se observa na Tabela 4, com uma predominância da rizicultura, principalmente no município de Pedro Osório, onde as várzeas são mais extensas.

**Tabela 4 – Principais Lavouras dos municípios de Pedro Osório e Cerrito - 1998**

Município	Arroz		Feijão		Milho		Soja		Sorgo		Batata		Cebola	
	t	h	t	h	t	h	t	h	t	h	t	h	t	h
Cerrito	1600	400	270	600	7200	4000	2142	1190	-	-	-	-	-	-
Pedro Osório	21400	4000	-	-	3161	1470	2037	1164	610	254	11326	2474	3786	1262

Na pecuária destacam-se os rebanhos de ovinos e bovinos, sendo que esta atividade é responsável pelo desencadeamento de processos erosivos lineares ao longo das trilhas de

pisoteio do gado, embora não tenham sido observados estágios erosivos avançados decorrentes desta atividade.

A Tabela 5 mostra os rebanhos principais de ambos os municípios, já que em 1996 o município de Cerrito ainda não estava emancipado.

**Tabela 5 - Atividade Pecuária dos municípios de Pedro Osório e Cerrito –1996**

Município	Bovinos	Suínos	Ovinos
Cerrito			
Pedro Osório	67957	4182	25204

A atividade industrial é pouco expressiva em toda a área da bacia, limitando-se à produção a pequenas indústrias alimentícias e as olarias. As pequenas olarias estão presentes nos vários municípios da região, porém, Pedro Osório e Cerrito apresentam tradição oleira, que remonta ao século passado.

A maior parte das olarias está instalada nas proximidades do rio Piratini, sendo que utilizam métodos de produção bastante rudimentares e, visivelmente, constituem uma atividade agressiva à bacia, deixando grandes cicatrizes no terreno com a exploração da argila.

A partir da década de 1980, a fiscalização do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) intensificou a fiscalização sobre as olarias no que se refere à utilização da mata ciliar como combustível para as fornalhas. Esta ação surtiu um efeito positivo e atualmente estas matas estão bem conservadas.

### **3.2 – Histórico das Inundações nos Municípios de Pedro Osório e Cerrito**

Pedro Osório e Cerrito são cidades limítrofes e, se constituíram como municípios muito recentemente. Sua trajetória histórica remonta ao Século XVIII e desenrola-se em sucessivos desmembramentos e reordenamentos territoriais que ocorreram ao longo do processo histórico de conformação do Rio Grande do Sul.

A presença do homem nessa área antecede ao tempo histórico. Estudos de BROCHADO (1974) mostram que o elemento Tupi-Guarani deixou vestígios de sua presença no fundo dos vales dos arroios e dos pequenos cursos de água que constituem a bacia hidrográfica do rio Piratini.

No tempo histórico a ocupação dessas terras inicia-se no século XVIII, num contexto de lutas entre lusos e castelhanos pela demarcação de fronteiras para garantir a posse das terras meridionais do Brasil. A área em questão foi ocupada inicialmente por tropas portuguesas que aí estabeleceram fortificações, postos de guarda e acampamentos militares (LESSA, 1984), o que acabou dando origem a pequenos povoados.

Os titulares das guarnições militares foram os primeiros aquinhoados com terras nessa área. Tãmanha era a extensão das propriedades doadas que, no final do século XVIII, a Coroa Portuguesa teve que implementar o que poderíamos chamar de “primeira reforma agrária do Rio Grande do Sul”, de forma a efetivar o assentamento das inúmeras famílias açorianas que aqui chegaram a partir do ano de 1789.

Durante o século XIX conflitos de ordem externa e interna repercutiram negativamente na economia local, tanto pelo recrutamento da população masculina em idade produtiva, como pela saída de famílias, que tomadas pelo pânico, abandonavam suas propriedades.

No final do século XIX, a construção da ferrovia Rio Grande - Bagé incrementou o desenvolvimento desses pequenos povoados, conforme explicita CALDAS (1990: p.42):

*“Não seria exagero dizer que o fato mais importante da história pedrosoriense, fundamental para o surgimento do município, foi à construção da estrada de ferro Rio Grande - Bagé”.*

A ferrovia entrou em funcionamento em oito de dezembro de 1884. Sua construção visava tanto as potencialidades econômicas do eixo Rio Grande - Bagé como tinha fins estratégicos para guarnecer as fronteiras com os vizinhos do Prata. SENNA (1995: p.148) afirma:

*“O projeto da rede ferroviária gaúcha, elaborado em 1872, baseava-se na constatação de que as fronteiras meridionais do Império estavam ao alcance das ferrovias dos países vizinhos. Isto permitia uma maior mobilidade de suas tropas, facilitava o contrabando, acirrava a concorrência com os produtos brasileiros e ainda prejudicava a produção gaúcha, já que encontrava maior facilidade de escoamento para os portos vizinhos”.*

Duas estações foram construídas próximas às margens do Piratini, a Estação Cerrito e a Estação Maria Gomes ou Piratini. Essas estações constituíram ponto de partida para a efetiva urbanização dessa área, fazendo com que surgissem inúmeros estabelecimentos comerciais e residenciais as margens do rio.

Em 1888, uma grande enchente no rio Piratini atinge os povoados de Cerrito e Maria Gomes. É o primeiro registro histórico de cheias que geraram danos à região, então, em incipiente processo de urbanização.

Em 1891 a Freguesia do Cerrito esteve bem próxima de ser elevada a categoria de município, emancipando-se de Canguçu. Porém, o conturbado período de transição Monarquia/República, marcado por disputas políticas, acabou por sustar o ato do vice-governador em exercício, Dr. Francisco de Carvalho, permanecendo assim como Freguesia de Canguçu.

Na outra margem do rio Piratini, o povoado Maria Gomes ou Estação Piratini, atualmente município de Pedro Osório, esteve vinculado a Vila de Santa Isabel dos Canutos até 1893, quando, então, foram incorporados ao município de Arroio Grande.

O botânico alemão, Dr. Lindman, registrou em dezembro de 1892 observações feitas, relativas às inundações do rio Piratini, como transcrevemos a seguir:

*“... o sinal mais evidente de um período de chuvas fortes ou de inundação pelo rio, ou ambas as cousas, era dado pelo limo secco e pardo que cobria, não somente a terra desnudada como também as folhas e os galhos até muitos metros acima do chão.” (LINDMAN&FERRI, 1974: p.76)*

Em 1914, Olimpo e Cerrito, foram atingidos pelas cheias do rio Piratini. Para esse evento não há muitos registros. Porém, o relatório sobre as enchentes de maio de 1941 relata a ocorrência de cheias no ano de 1914, sendo mencionada que as águas atingiram 2,6m acima do nível normal na orla portuária de Porto Alegre e 3,0 na cidade de Pelotas. O relato leva a crer que fato semelhante pode ter ocorrido em vários rios do Estado, inclusive no Piratini.

Segundo CALDAS (1990), as enchentes que castigaram o Rio Grande do Sul no ano de 1941, atingiram também as Vilas de Olimpo e Cerrito, causando danos graves para a agricultura, porém, não chegando a atingir a população urbana.

Estudos do Engenheiro Ladislau Coussirat de Araújo apontam esse ano como excessivamente chuvoso, se comparados com anos anteriores, especialmente, o mês de maio, onde o índice pluviométrico em Porto Alegre foi de 408,5 mm, provocando cheias sem precedentes.

Em 1945 foi inaugurada a ponte rodoviária, interligando as Vilas de Olimpo e Cerrito, uma verdadeira obra de arte, com grossos pilares de rocha maciça. Até então, o

transporte de pessoas e de mercadorias era feito por balsa, pequenos barcos ou por via férrea.

Em 1958 foi encaminhado à Assembléia Legislativa do Estado o processo de criação do município de Pedro Osório a partir da junção das Vilas de Olimpo e Cerrito, pertencentes respectivamente aos municípios de Arroio Grande e Canguçu. A justificativa fundamental para essa unificação era o cotidiano compartilhado das duas vilas, que mesmo vinculadas a municípios diferentes, constituía um todo.

O rio Piratini não representava um obstáculo, uma vez que existia uma ponte férrea e outra de rodagem, as quais permitiam fácil comunicação e traslado entre os habitantes de uma margem a outra. Em termos legais, as vilas preenchiam todos os requisitos mínimos impostos pela Constituição Estadual e pela legislação ordinária em vigor na época.

Em três de abril de 1959, é publicado no Diário Oficial do Estado o Decreto-Lei nº 3.735, que cria o município de Pedro Osório.

O novo município foi marcado, em sua primeira quinzena de existência, por um período de chuvas intensas que culminou com uma grande cheia do rio Piratini. A calamidade foi assim descrita por VACARIA (1960: p.10):

*“Seriam 9 horas da noite quando as águas, que já então subiam assustadoramente, inundaram a usina, deixando as vilas na mais completa escuridão. Não tivemos tempo de fazer nada. Pouco depois, só se ouviram gritos de socorro e tiros de revólver, que não chegaram a ser abafados pelos ruídos da correnteza. Quando as pontes ruíram, com um barulho ensurdecedor, parecia ter-se aproximado o momento do Juízo Final. Três pessoas morreram afogadas naquela noite e na madrugada de Quinta-feira: duas senhoras e uma criança”.*

A cheia excepcional de 1959 marcou a história de Pedro Osório. A destruição se fez sentir tanto na área urbana como na zona rural. Muitos estabelecimentos comerciais, industriais e residências, foram atingidos..

O setor agropecuário foi penalizado pela cheia, principalmente porque as cheias coincidiram com a proximidade da colheita do arroz, cultivo típico das várzeas, cuja perda foi praticamente total. Registros do Frei Cristóvão de Vacaria (1960), ilustram as perdas de 1959 no referido setor:

*“Os prejuízos na lavoura e pecuária são incalculáveis. Sobre árvores e mesmo sobre o aramado foram depositadas pela corrente espigas de arroz arrastadas das lavouras destruídas, enquanto animais mortos, apodrecem ao longo da estrada.”*

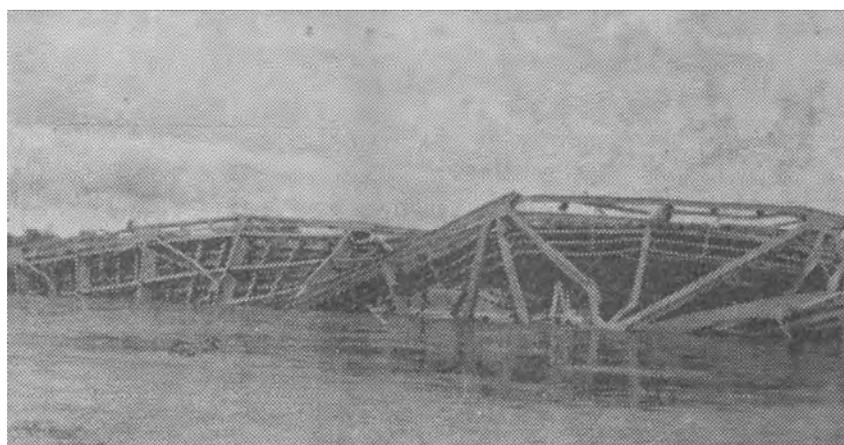


**Fotografia 3** - Vista geral da enchente de abril de 1959.

A estrutura viária foi seriamente comprometida, as pontes principais foram arrastadas pela correnteza (Fotografia 4), estradas vicinais e pequenas pontes sobre afluentes do Piratini também foram destruídas. A violência desse evento pode ser comprovada pela elevação que o nível das águas do Piratini atingiu na noite do dia 15 de

abril de 1959: foram 28 m em poucas horas! Frei Cristóvão de Vacaria (1960) ilustra muito bem o cenário daquela noite:

*“A avalanche da massa líquida estendia-se numa largura de 4300 metros. Eram duas vilas quase que totalmente submersas... três partes das duas vilas foram tomadas pelas águas. No espaço de meia hora, o curso de água subiu 4 metros. Escoava soturno o roncar das águas, que desciam com tanta impetuosidade, que pareciam jogada por força misteriosa. Com o bramido das águas confundiam-se os gritos desesperados de gente que pedia socorro. Animais foragidos uivavam ao longe, espalhando terror entre a população já aterrorizada...”*



**Fotografia 4** – Ponte de rodagem destruída pelas águas - 1959



**Fotografia 5** – Ponte Flutuante - 1959

As especulações em torno das causas da intensa chuva de abril de 1959 giraram em torno do “castigo divino”. Conta a lenda, que nas festas carnavalescas do referido ano, a marchinha de carnaval, era uma verdadeira apologia à chuva, como podemos ver na transcrição da letra:

*Será, será, será que vai chover?  
Mesmo que chova eu não vou me aborrecer.  
Eu vou cair na algazarra,  
Tomara que a chuva caia,  
Ai! Ai tomara que a chuva caia....*

*Tomara que chova três dias sem parar.  
A minha grande mágoa  
É lá em casa não ter água  
Nem prá se lavar.*

*Senhor do Bom Fim, seu filho plantou  
Mas o Sol no céu toda a terra secou.  
Pedi para chover, pra o verde voltar  
Mas até hoje estou esperando está chuva chegar.*

*Rezei reza a bessa.  
Fiz uma promessa  
Segui procissão  
Acendi na capela  
Rezei uma oração*

*Mas quem eu era pra reclamar  
Pode até me castigar  
Pois blasfemei, Senhor, aí!  
Sei que em breve há de chover  
E que o rio em cachoeira há de correr*

*Molhando a terra do grande sertão  
Livre do Sol então debaixo do céu anil  
Vai chover no coração do Brasil.*

*Vimos do Egito  
E muitas vezes nós tivemos que rezar:  
Alá meu bom Alá!  
Mande água pra Iayê  
Mande água pra Iayá  
Alá! Meu bom Alá!*

Mero acaso ou castigo divino? O certo é que a chuva veio por três dias e o rio Piratini correu em cachoeira. Para o Sacerdote local, Cerrito e Olimpo, então, recentemente unificados como Pedro Osório, teriam sofrido um batismo por imersão para que seus habitantes ressuscitassem para uma nova vida de união, de paz e compreensão.

Os prejuízos contabilizados pela prefeitura local, observando apenas os danos materiais em questão, atingiram cerca de Cr\$ 31.577.370,00. Neste montante não aparecem contabilizados os prejuízos em relação à estrutura viária e agropecuária local.

Pedro Osório ficou completamente isolada durante dois dias, pois todas as vias de acesso apresentavam trechos danificados pelas cheias. Também as linhas telegráficas ficaram comprometidas, e a única forma de contato possível era feita através do rádio amador do Sr. Antônio Feliz, que comunicou à cidade de Pelotas o ocorrido.

A primeira ajuda aos flagelados foi feita no dia dezessete de abril, através de um helicóptero e de um pequeno avião que trouxeram remédios e víveres. A ajuda via fluvial chegou até do porto de Santa Isabel e através de caminhões, via Matarazzo, eram trazidos víveres até Olimpo.

À medida que as chuvas cessaram e que o nível das águas foi baixando, deu-se início a reconstrução dos equipamentos. Muitas pessoas percorriam as margens do rio tentando reaver objetos perdidos, soldados iniciaram a construção de uma ponte militar flutuante (Fotografia 4), o Departamento Autárquico de Estradas e Rodagem (DAER) empreendeu a reconstrução das vias de rodagem e a construção de uma ponte provisória. Tratores e escavadeiras foram utilizados para a remoção dos entulhos acumulados, enfim, era apenas o início de uma reconstrução que custaria, ainda, alguns anos de trabalho árduo da população local.

Em nove de fevereiro de 1973, fortes chuvas nas nascentes do rio Piratini e do arroio Santa Maria, provocaram cheias no município, as quais não chegaram a causar maiores danos.

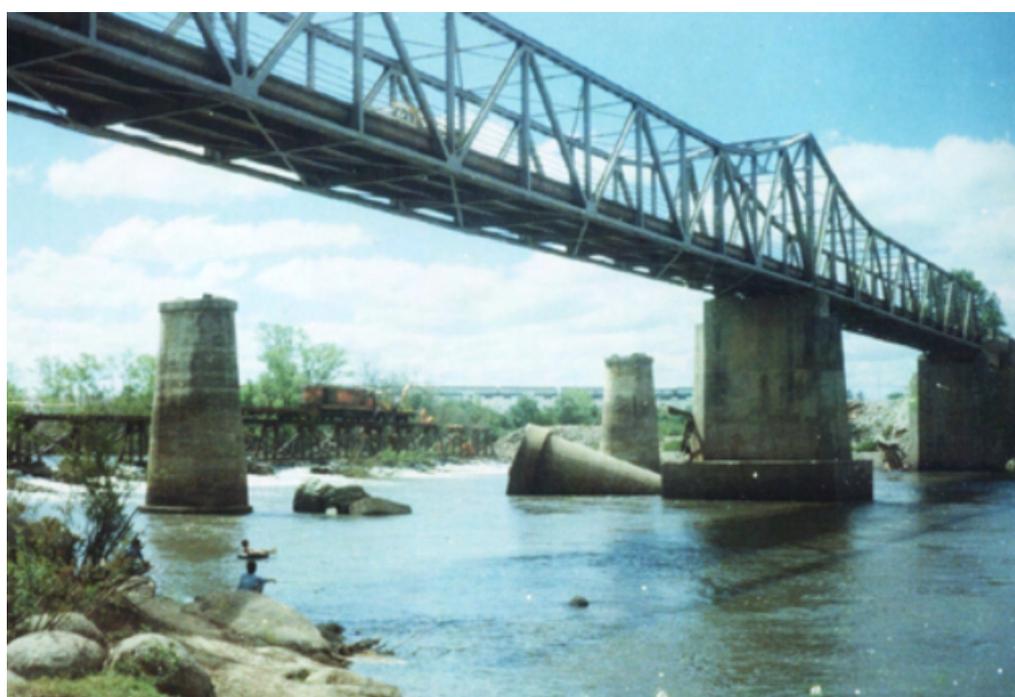


**Fotografia 6** – vista parcial de Pedro Osório na enchente de 1983.

A década de oitenta marcou a memória pedrosoriense. Mais uma vez, forte chuva ocorre na bacia do Piratini e culmina com uma cheia excepcional. No dia quinze de fevereiro de 1983, uma precipitação média diária de 185,0 mm provocou uma elevação no nível das águas do rio Piratini e mais uma vez a cidade foi parcialmente destruída, mais de trezentas residências foram atingidas e a ponte férrea foi levada pelas águas pela segunda vez.



**Fotografia 7** – ponte férrea antes de ser levada pelas águas – 1983



**Fotografia 8** – escombros da ponte férrea – 1983.

Nos anos de 1988 e 1989 as precipitações médias anuais ficaram em torno de 914 e 857 mm, respectivamente, portanto uma sucessão de dois anos de seca. Os anos noventa iniciaram marcados por problemas que poderíamos chamar de “controvérsias da natureza”, pois em janeiro de 1990 é decretado Estado de Calamidade Pública devido aos problemas ocasionados pelos dois anos de secas sucessivas. Os pedrosorienses enfrentaram o racionamento de água e os prejuízos na agropecuária.

Em 1992, quando Pedro Osório estava se recuperando dos prejuízos provocados pela seca, um outro período de chuvas intensas acaba culminando com mais uma cheia excepcional do rio Piratini. MAGALHÃES (1992), em sua crônica da enchente, assim descreve o rio Piratini:

*“... o Piratini, na maioria das vezes tão manso, carinhoso, de lento caminhar, agigantara-se e, transformado em silencioso inimigo, batia às portas da cidade, decidido a entrar, nem que fosse de maneira deseducada”.*

O Piratini mais uma vez invadiu Pedro Osório... ou Pedro Osório continuou invadindo o Piratini... uma vez que, parte da cidade está edificada sobre o leito das cheias excepcionais.

Nesse evento, o rio Piratini subiu 17m acima do seu nível normal, sendo que aproximadamente 80% da área urbana foi atingida e várias pontes foram destruídas. A ponte de rodagem que unia Cerrito e Olimpo foi carregada pelas águas. A ponte do Passo do Ricardo, à jusante de Pedro Osório, também foi destruída. Na localidade de Ferraria, à montante, um pontilhão caiu. A única via de acesso a Pedro Osório era a BR-293.



**Fotografia 9** – Cerrito (destruição total de habitações) - 1992



**Fotografia 10** – Cerrito - Bairro São Miguel - 1992

Os prejuízos sobre a cultura do arroz e sobre a indústria oleira foram muito grandes. É impossível separar os impactos rurais e urbanos, senão como forma mais didática de expor a questão, uma vez que a vinculação entre ambos é explícita. Tanto as atividades produtivas quanto às condições de vida da população rural perpassam pela oferta de bens e serviços da área urbana, da mesma forma que o setor agropecuário influencia o dinamismo dos demais setores econômicos concentrados na zona urbana.

No setor secundário, a atividade oleira foi fortemente impactada, das setenta e seis olarias existentes no município, setenta e quatro foram destruídas. Essas atividades foram as mais atingidas porque se localizam muito próximas às margens do rio.

Sobre as cheias excepcionais, não chegaram a ser feitos estudos mais aprofundados, ou mesmo registros corretos dos níveis que as águas atingiram. Todavia, a memória da população local permitiu que fossem resgatadas com excelente aproximação as cotas atingidas em cada evento.

As cotas atingidas nas três grandes cheias são apresentados na Tabela 6 e foram obtidas a partir de relatos dos moradores locais e por algumas marcas das cheias que foram preservadas nas residências, para cada marca foi tomada a cota verdadeira a partir da referência de nível (nível médio do mar).

**Tabela 6 – Marcas históricas de enchentes (m)**

	<b>P. Osório</b>	<b>Cerrito</b>
1959	27,92	27,14
1983	26,4	26,51
1992	28,62	28,38

Muitos moradores resguardam um registro das marcas deixadas pela cheia de forma intencional, outros por falta de condições financeiras de refazer a pintura da casa permanecem com esse registro. Independente das marcas concretas, cada um dos atingidos sempre tem na memória o nível que as águas atingiram em sua moradia. Um dos locais mais peculiares visitados, foi um grande galpão, em Cerrito, onde funciona a oficina mecânica da família Vellar. O proprietário após cada cheia pinta as paredes do prédio, mas sempre deixa uma quadrícula sem pintar para que ninguém esqueça até onde o Piratini pode chegar.

Outro relato interessante foi feito pelos moradores da residência apresentada na Fotografia 6. A família Sória havia se precavido para enfrentar as cheias assobradando uma parte da casa, mas na cheia de 1992 às águas atingiram o pavimento superior e a família refugiou-se num pequeno barco, fixando-o na copa do coqueiro existente no jardim, ali passaram à madrugada até serem resgatados na manhã seguinte. A família não esquece as horas de aflição daquela noite, mas quando questionados se não pensavam em fixar residência em outro local a resposta foi unânime: - Não, moça ... gostamos daqui, vamos nos preparar melhor para a próxima cheia.

É interessante observar como as pessoas resistem à realocação, apenas aquelas famílias que tiveram suas residências totalmente destruídas (Fotografia 9) e que foram impedidas pela prefeitura de reconstruí-las no mesmo local é que passaram a residir em novos loteamentos implantados em áreas não atingidas pelas cheias.

Pedro Osório e Cerrito nasceram na planície de inundação do rio Piratini. É justamente nesta, que se encontram os núcleos antigos das referidas cidades e que estão concentradas as atividades administrativas, comerciais e de serviços. Logo, o efeito das

perdas materiais decorrentes da invasão das águas é uma situação complexa, na medida em que dificulta ao poder público realocar todo esse aparato em áreas livres das inundações.

Por ocasião do levantamento de dados para a efetivação do presente estudo, teve-se muita dificuldade em conseguir documentos locais (relatórios, mapas, etc.), pois os mesmos, haviam sido perdidos na cheia de 1992, uma vez que a maior parte dos órgãos públicos, a biblioteca e mesmo o museu da cidade estão situados dentro da zona de inundações.

A população residente na área central, e mesmo os estabelecimentos comerciais, buscaram como solução para a invasão das águas a construção de sobrados como forma de salva-guardar, pelo menos parte, do seu patrimônio.

Em Pedro Osório e Cerrito, os “olheiros” do rio Piratini observam a subida das águas e dão o devido alarme em situação de risco, isto é, alertam a hora de transferir o que está no térreo para o pavimento superior.

## CAPÍTULO 4

### DIAGNÓSTICO DO RISCO DE INUNDAÇÃO E ZONEAMENTO DAS ÁREAS INUNDÁVEIS NOS NÚCLEOS URBANOS DE PEDRO OSÓRIO E CERRITO

O presente capítulo expõe uma série de procedimentos necessários a estimativa das vazões máximas, ao diagnóstico do risco de inundação e ao zoneamento das áreas urbanas inundáveis, nos municípios de Pedro Osório e Cerrito.

A vazão máxima é entendida como a maior vazão possível de ocorrer em dada seção transversal de um rio num determinado período. Como uma vazão máxima está vinculada a uma inundação local, cuja cota altimétrica atingida é proporcional a intensidade da vazão, torna-se fundamental estimar as vazões máximas possíveis, assim como, a relação *cota x vazão* para fins de zoneamento de áreas sujeitas a risco de inundação.

Os dados fluviométricos disponíveis na área em estudo inviabilizaram a estimativa de vazões máximas verdadeiras, portanto, optou-se por proceder a essa estimativa utilizando o Método de Regionalização de Vazões.

A análise dos dados hidrológicos regionalizados foi feita a partir da utilização de ferramentas estatísticas. Os resultados obtidos foram utilizados para estabelecer o zoneamento das áreas sujeitas ao risco de inundação.

#### **4.1 Aplicação do Método de Regionalização das Vazões Máximas**

A regionalização da vazão máxima envolve a estimativa da curva de probabilidade para um local sem dados ou com dados escassos. No caso do estudo em questão foi

estimada a curva de probabilidade de vazões máximas utilizando o banco de dados das estações fluviométricas da Bacia do rio Camaquã. Essa escolha foi feita em virtude da melhor consistência dos dados e também pelo fato dessa bacia localizar-se em área de condições climatológicas similares.

A Tabela 7 apresenta os postos fluviométricos utilizados para a regionalização de vazões máximas anuais (Qmx), ou seja, os valores utilizados correspondem à maior vazão ocorrida no ano. Os postos 88850000 e 88750000 têm dados contínuos de 1965 – 1996 (32 anos). O posto 87905000 apresenta o mesmo período de dados dos anteriores, porém com falha no ano 1976 (31 anos). Os postos 87590000 e 88575000 apresentam dados para o período de 1977 a 1996, onde o primeiro conta com 16 anos de dados, pois apresenta falha de 1992 a 1995 e o segundo tem 20 anos de dados contínuos. O posto 84950000 tem uma série de dados de 52 anos (1943-1994) sem falhas.

**Tabela 7 – Postos Fluviométricos Utilizados na Regionalização da Vazão Máxima**

Posto	Localidade	Area Drenada km2	Qmx m3/s
88850000	Cordeiro Farias	362	242,03
88750000	Passo dos Carros	133	62,74
87905000	Passo Mendonça	15543	2993,71
84950000	*****	898	552,78
87590000	Passo do Capão	120	1273,38
88575000	Cerro Chato	1043	634,95
88640000	Pedro Osório	4764	2940,51

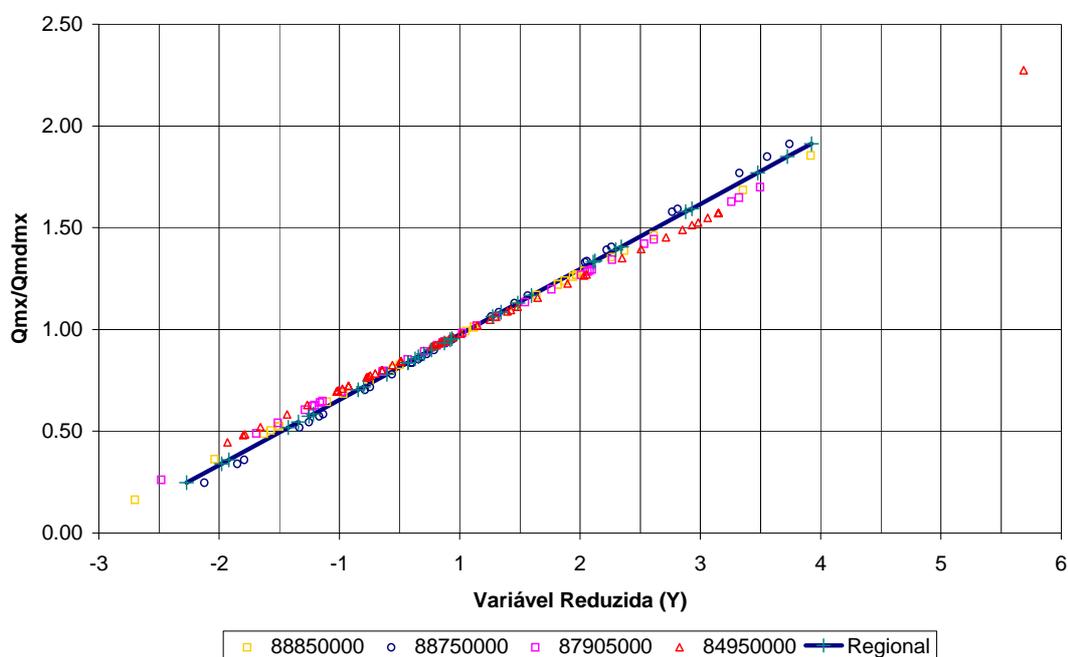
A partir dos dados de vazões máximas dos postos listados na Tabela 7, foram construídas curvas individuais de probabilidade, uma para cada posto.

A curva de probabilidade de vazões máximas permite obter a relação entre a vazão extrema e a probabilidade de ocorrência de valores maiores ou iguais a essa vazão, isto é, cada vazão máxima está ligada a uma determinada recorrência (Figura 5) e pode ser obtida por distribuição de probabilidade. As distribuições estatísticas mais indicadas para eventos extremos são: LOG-NORMAL e GUMBEL (TUCCI, 2000).

A distribuição escolhida para a previsão das vazões máximas na seção transversal do rio Piratini em Pedro Osório/Cerrito foi a distribuição de GUMBEL, em virtude de ter apresentado um melhor ajuste. A fórmula utilizada foi

$$P(Q \geq Q^*) = G(Q, \theta_j)$$

Onde P é a probabilidade; G (.) é a função de distribuição de probabilidade de Gumbel; j ( 1,2,...n;  $\theta_j$ ) representa os parâmetros de distribuição; Q é a vazão em estudo e Q\* a vazão para a qual se deseja conhecer a probabilidade de ser excedida.



**Figura 3 – Regionalização da Curva de Probabilidade de Vazão Máxima para a Região em Estudo.**

A Figura 3 foi obtida a partir dos dados de vazões máximas dos postos de estudo. No eixo das ordenadas estão as vazões máximas previstas estatisticamente em qualquer ano pela distribuição de GUMBEL e devidamente adimensionalizadas pelo Método da Curva Adimensional. No eixo das abscissas a variável reduzida (Y) mostra o quanto cada dessas vazões está afastada da vazão média máxima do universo em estudo.

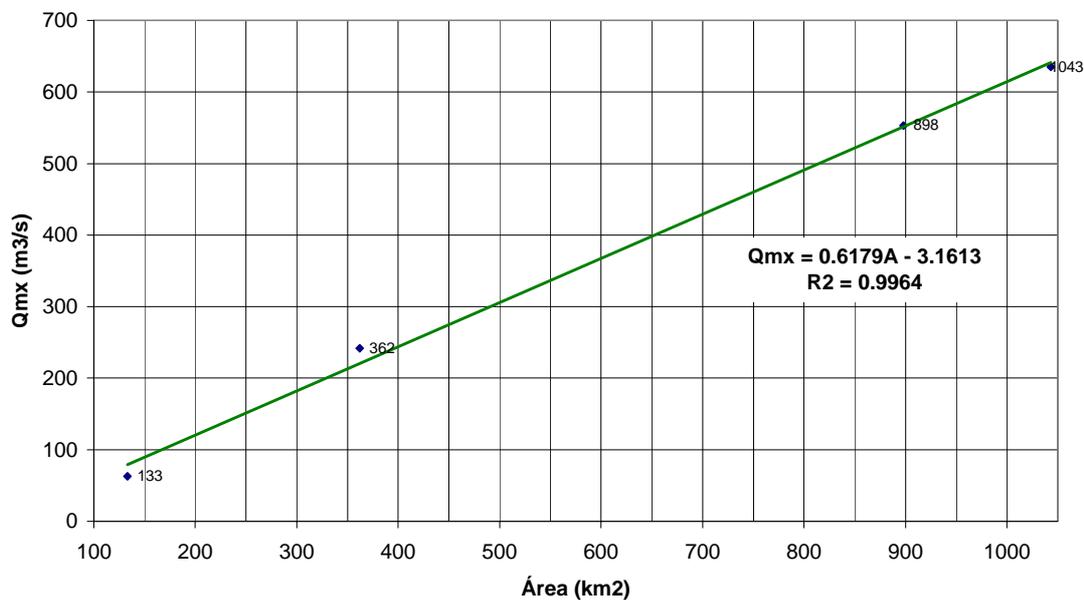
O Método da Curva Adimensional fundamenta-se no princípio que existe uma proporcionalidade fixa entre as vazões de diferentes riscos, assim, adimensionaliza as curvas individuais de probabilidade com base no seu valor médio. No caso específico desse estudo, a vazão média de enchente ( $Q_{mdmx}$ ). O referido método também estabelece uma curva adimensional regional média dos postos com uma mesma tendência. A curva adimensional regional de probabilidade pode ser expressa por

$$F1(QT/Q_m) = 1/T$$

Onde T = tempo de retorno em anos;  $Q_m$  = valor médio; QT = valor com tempo de retorno T.

É possível observar na Figura 3 que os dados de vazão máxima para as diferentes estações encontram-se bem ajustados, isto é, apresentam uma mesma tendência.

A partir da determinação da curva adimensional de probabilidade para os postos selecionados foi estabelecida a regressão da vazão de adimensionalização, entre a vazão máxima plotada e as áreas de drenagens dos postos em questão. Aqui, excluiu-se o posto 87905000, pois apresentava tendência diferenciada dos demais. Com base na curva de regressão foi possível estabelecer uma equação que relaciona a vazão máxima com a variável área de drenagem da bacia (Figura 4), o valor de correlação  $R^2 = 0.9964$  obtido é considerada muito boa para os objetivos do trabalho.



**Figura 4 – Regionalização da Vazão Média de Cheia**

A Figura 4 apresenta os valores de vazão máxima relacionados às áreas de drenagens dos respectivos postos. O resultado estimado para o valor de vazão provável em Pedro Osório pode ser obtido conforme se apresenta a seguir:

$$Q_{mx} = 0,6179 A - 3,1613$$

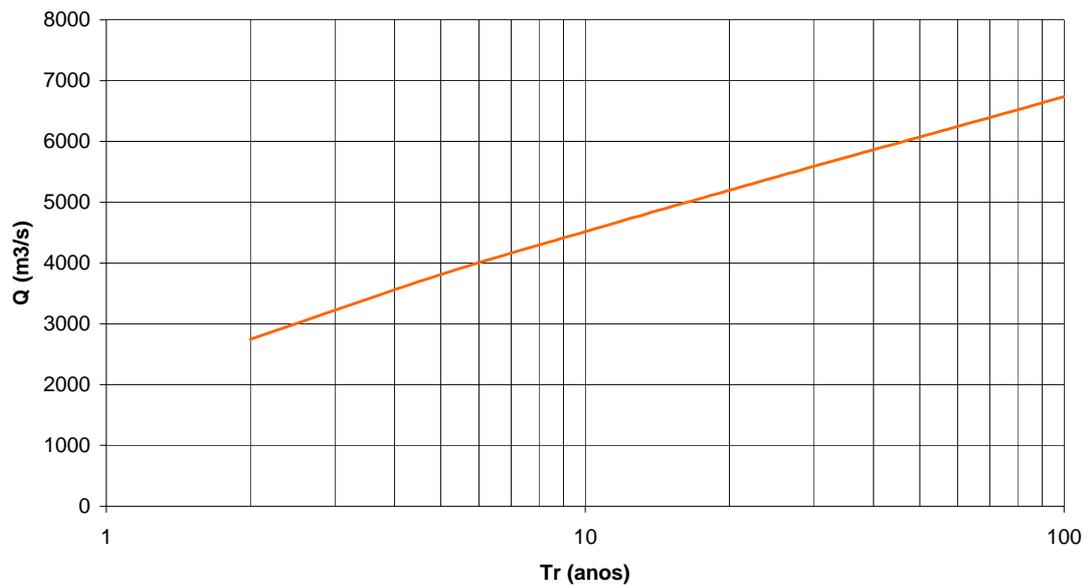
$$A = 4764 \text{ km}^2$$

$$Q_{mx\text{Pedro Osório}} = 2941$$

A Figura 5 que apresenta uma curva de probabilidade de vazões (conforme GUMBEL) para diferentes tempos de retorno de Pedro Osório/Cerrito e foi obtida a partir do produto das curvas das Figuras 3 e 4.

Na plotagem em papel probabilístico dos valores de vazão adimensional e as correspondentes probabilidades, mostram uma tendência uniforme dos pontos.

A utilização de modelos matemáticos que relacionam estes dados com parâmetros conhecidos da bacia hidrográfica em estudo, permitiu ajustar uma função matemática aos dados dos postos, individualmente, e regionalizar os parâmetros da função matemática, obtendo a partir daí uma estimativa dos dados necessários, inclusive com boa aproximação.



**Figura 5 – Curva de Probabilidade de Vazões Máximas, conforme a Distribuição Estatística de Gumbel.**

#### **4.2 Áreas Sujeitas ao Risco de Inundação**

A relativa aleatoriedade da ocorrência de eventos pluviais intensos, responsáveis pela elevação do nível das águas de um rio, impossibilita a determinação do tempo de ocorrência do evento e do nível que as águas podem atingir numa perspectiva de longo prazo. Porém, não se pode negar a importância de se quantificar em termos estatísticos, as chances de ocorrência de uma inundação considerando os diferentes níveis que as águas

podem atingir. Esse tipo de estimativa representa um instrumento importante para o planejamento urbano que vise ações preventivas para minimizar o impacto das mesmas.

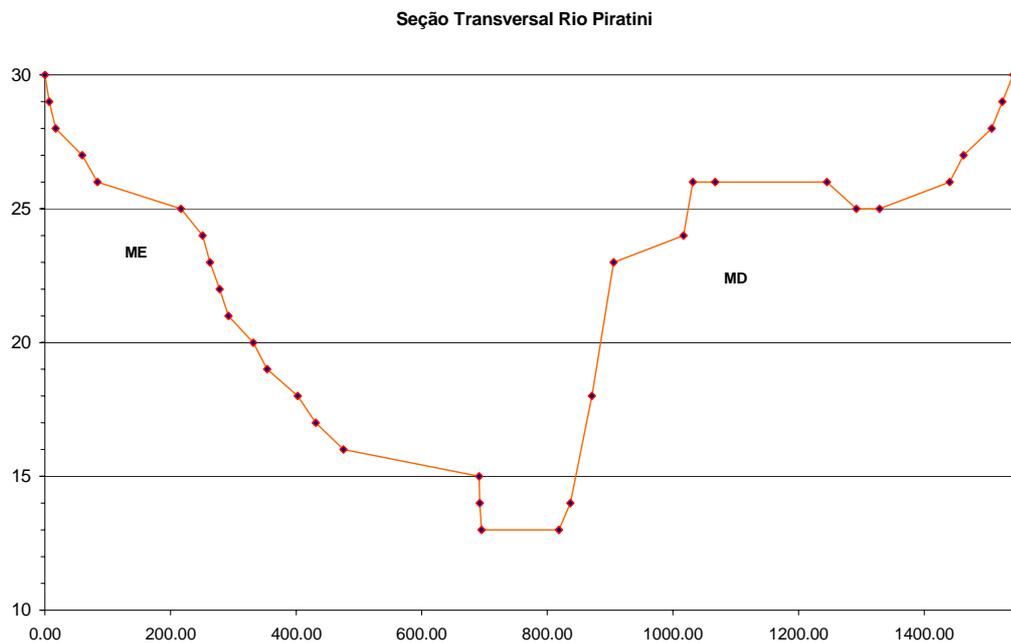
Visando determinar a relação *cota x vazão* para Pedro Osório e Cerrito, necessária ao mapeamento das cotas de inundação, foram medidas inicialmente duas seções transversais (Figura 6) ao Rio Piratini, uma na Ponte Férrea e outra, à jusante, próxima ao banco arenoso, ambas dentro do perímetro urbano. O objetivo desse procedimento era calcular os efeitos de remanso, a partir das duas seções medidas. No entanto, não foi possível a utilização do Programa REMANSO (TUCCI, 1978). Primeiro, porque a seção da Ponte férrea apresenta-se muito encaixada e, segundo, porque a seção à jusante banco arenoso não comportava a vazão provável estimada pelo Programa REMANSO.

A seção Pedro Osório/Cerrito apresenta extravasamento de leito durante episódios pluviais intensos, este fato torna a velocidade do escoamento gradualmente variada no espaço, em virtude dos vórtices que se formam na interface dos diferentes níveis do leito de cheia e de obstruções existentes, isto é, o canal de cheia comporta rugosidades distintas em seus vários níveis e obstruções. Portanto, torna-se necessário avaliar o efeito das mesmas sobre a velocidade do escoamento.

Devido à inviabilidade de utilização do programa REMANSO, optou-se por realizar essa avaliação pelo valor do coeficiente  $K_c$  por fatias, ou seja, o leito sujeito a extravasamento é discretizado e para cada setor calcula-se o coeficiente  $K_c$  através da fórmula

$$K_c = \sum K_{ci} = \sum (A_i \cdot R_i^{2/3}) / n_i$$

Onde  $K$  é o valor da cota considerada;  $c$  é o coeficiente das obstruções ao escoamento;  $A$  é a área total da fatia;  $R$  é o raio hidráulico;  $n$  é o coeficiente de rugosidade (Tabela 8).



**Figura 6 – Seção Transversal do Rio Piratini realizada à montante da ponte Férrea que liga Pedro Osório (Margem Esquerda) a Cerrito (Margem Direita).**

**Tabela 8 – Coeficientes de Rugosidade**

Coeficiente de Rugosidade (Chow, 1959)	Intervalo de n
Rios limpos e retilíneos	0,025 – 0,033
Rios limpos, retilíneos e com vegetação	0,030 – 0,040
Rios com meandros, vegetação e pedras	0,033 – 0,060
Rios com área de inundação e vegetação	0,075 – 0,150

A discretização da seção de extravasamento foi feita em três fatias, cuja cota base de extravasamento adotada foi a de 14m. As fatias foram denominadas de **Kesq**, **Kmeio** e **Kdir**.

Para a caracterização da rugosidade adotou-se três faixas: a faixa do meio adotada vai desde a cota base de extravasamento até a cota 16, ou seja, a rugosidade para essa faixa

não está restrita apenas ao canal, mas considera também a área de inundação com vegetação, tendo sido obtido o valor de 0,098; as faixas da direita e da esquerda, dentro da planície de inundação, os valores finais adotados para a rugosidade foram de 0,25. Procurou-se uma explicação que justificasse esse aumento de rugosidade e acredita-se que possa ser atribuído às obstruções da planície de inundação, como por exemplo, o dique da linha férrea.

A partir dos valores de  $K_c$  encontrados (Tabela 9), e multiplicando-os pelo valor de declividade do rio Piratini (Tabela 10), calculou-se os valores prováveis de vazão na dada seção (Tabela 9) que, conjugada ao cálculo da curva de probabilidade das cotas de inundação (Tabela 12) levaram a obtenção da a curva chave para essa seção (Figura 7).

De posse da curva chave ajustada a uma equação de terceiro grau, com apreciável valor do  $r$  quadrado, construiu-se a curva  $Cota (m) \times Tr$ , essa curva apresenta a relação entre as cotas de enchentes e os diferentes tempo de retorno (Figura 8). O risco de ocorrência de inundação varia de acordo com a respectiva cota de várzea, assim, as áreas mais baixas estão sujeitas a maior frequência de ocorrência de inundação. Não é possível determinar o dia e a hora em que esse tipo de evento irá ocorrer de fato, mas estimar a frequência com que determinada cota possa ser atingida por uma inundação representa um instrumento importante para nortear ações preventivas a esse tipo de evento. Na Figura 9 foram plotadas as cotas prováveis de inundação e seus respectivos tempos de retorno.

Uma vez diagnosticado o risco de inundação para as diferentes cotas de várzea do rio Piratini em Pedro Osório e Cerrito, é possível propor o zoneamento dessas áreas.

**Tabela 9 – Cálculo da Condutância na Seção e Curva Chave**

<b>Cota</b>	<b>Kesq</b>	<b>Kmeio</b>	<b>Kdir</b>	<b>soma K</b>	<b>y</b>
y14	0	127.19	0	127.19	14
y16	68.03	920.26	0	988.29	16
y17	418.56	1818.68	0	2237.24	17
y18	1032.53	3093.02	0	4125.55	18
y19	1839.96	4738.18	1.98	6580.12	19
y20	2993.32	6880.01	12.54	9885.87	20
y22	6048.76	12327.97	79.63	18456.36	22
y24	10322.32	19530.42	194.8	30047.54	24
y26	13598.61	26751.52	835.67	41185.8	26
y28	20263.92	39927.36	3545.17	63736.45	28
y30	29421.85	58354.82	8506.78	96283.45	30
				<b>Soma Q</b>	<b>y</b>
<b>Q14</b>	0.00	13.61	0.00	<b>13.61</b>	<b>14</b>
<b>Q16</b>	2.85	98.49	0.00	<b>101.34</b>	<b>16</b>
<b>Q17</b>	17.56	194.64	0.00	<b>212.20</b>	<b>17</b>
<b>Q18</b>	43.32	331.02	0.00	<b>374.34</b>	<b>18</b>
<b>Q19</b>	77.19	507.09	0.08	<b>584.36</b>	<b>19</b>
<b>Q20</b>	125.58	736.31	0.53	<b>862.41</b>	<b>20</b>
<b>Q22</b>	253.76	1319.36	3.34	<b>1576.46</b>	<b>22</b>
<b>Q24</b>	433.05	2090.17	8.17	<b>2531.39</b>	<b>24</b>
<b>Q26</b>	570.49	2862.98	35.06	<b>3468.53</b>	<b>26</b>
<b>Q28</b>	850.12	4273.08	148.73	<b>5271.93</b>	<b>28</b>
<b>Q30</b>	1234.32	6245.21	356.88	<b>7836.40</b>	<b>30</b>

**Tabela 10 – Valores de rugosidade (n) e Valores de declividade (s) do rio Piratini**

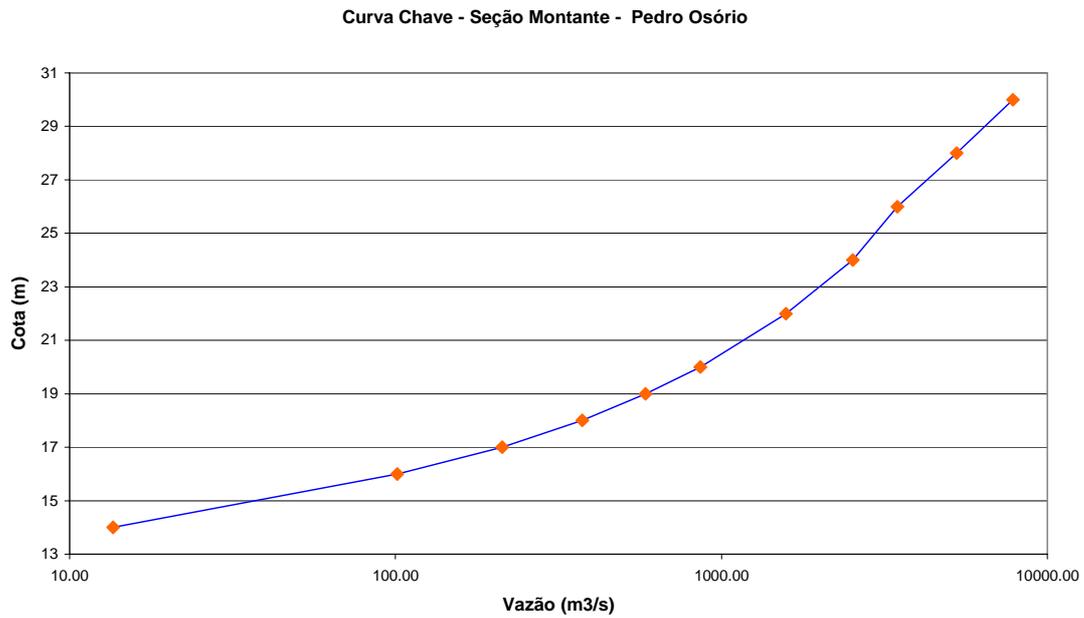
	Esquerda	Meio	Direita
n	0,25	0,098	0,25
s	0,00011	0,00011	0,00011

**Tabela 11 – Cotas históricas de inundação e seu tempo de retorno (Tr)**

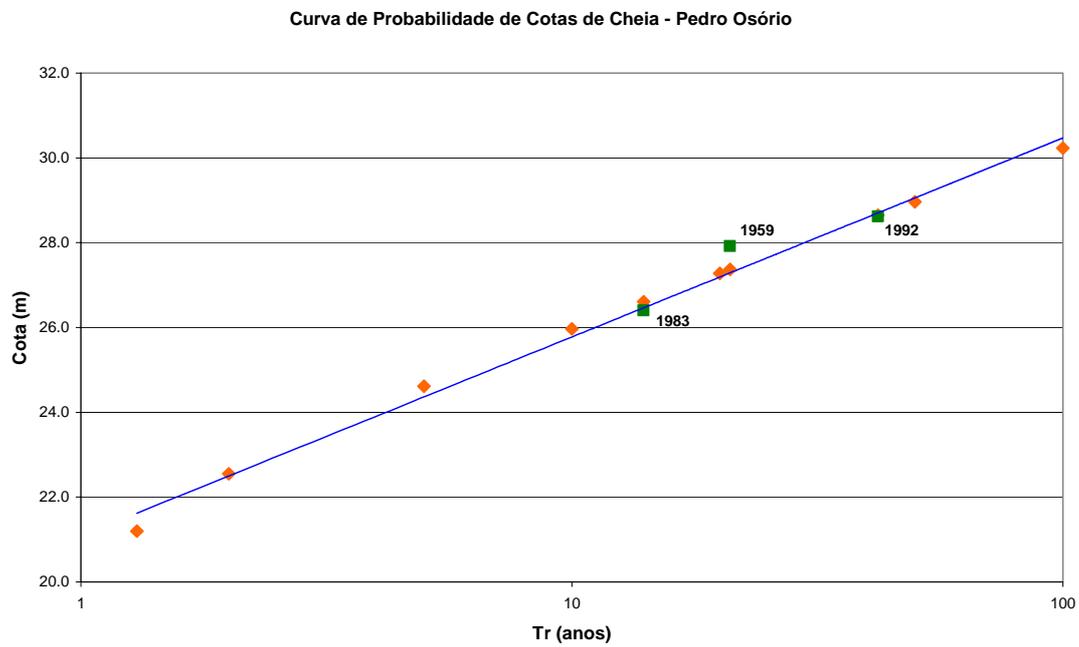
Cota	Freq	Tr
28.62	0.024	42
27.92	0.048	21
26.40	0.071	14

**Tabela 12 – Cálculo da Curva de Probabilidade das Cotas de Inundação em Pedro Osório e Cerrito**

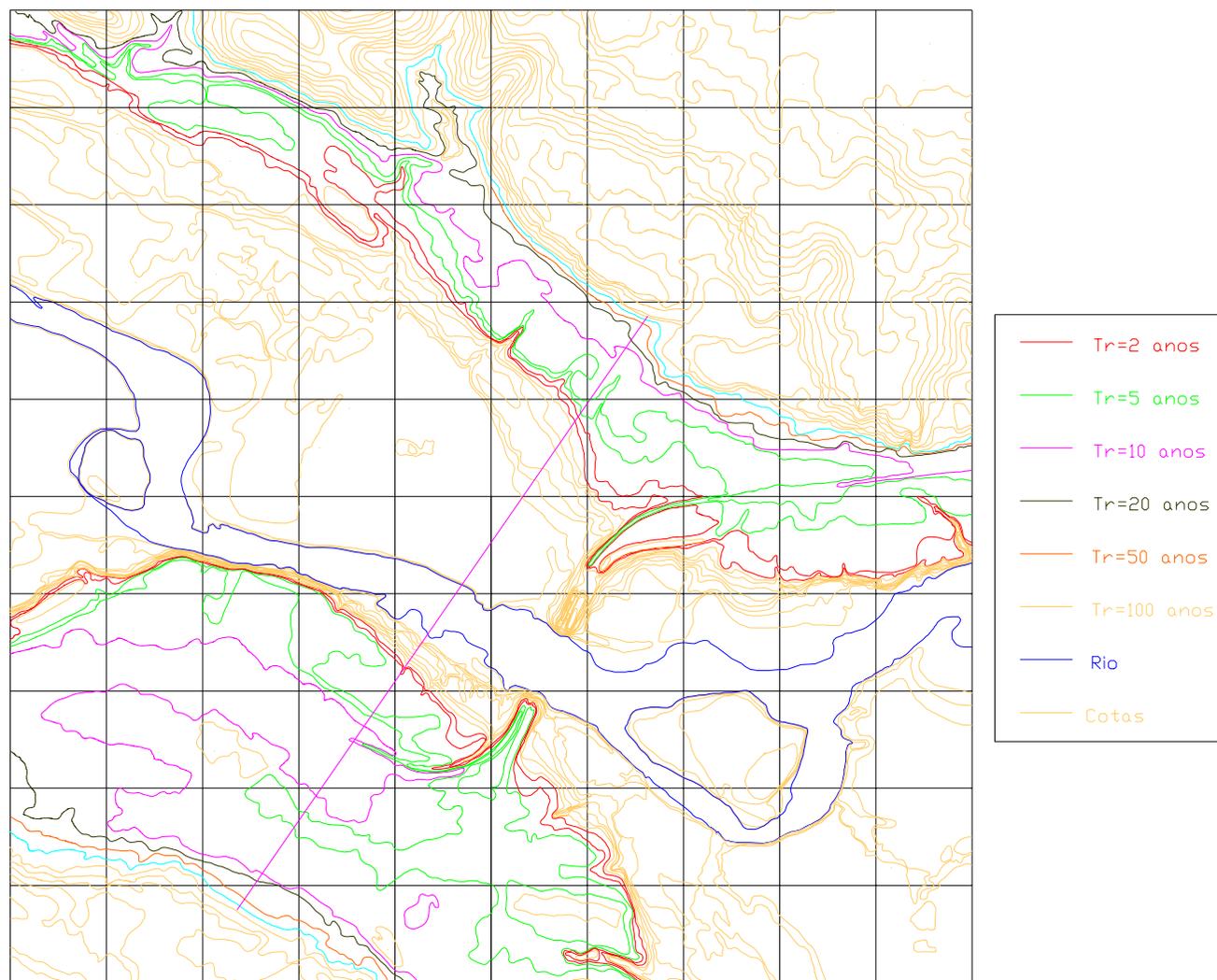
Tempo de Retorno	Y	Qmx/Qmdmx	Q PC (m3/s)	Cota (m)
1.3	-038	0.69	2035.41	21.2
2	0.37	0.93	2741.87	22.6
5	1.50	1.30	3810.52	24.6
10	2.25	1.54	4518.07	26.0
14	2.60	1.65	4849.82	26.6
20	2.97	1.77	5196.76	27.3
21	3.02	1.78	5243.93	27.4
42	3.70	2.00	5909.04	28.6
50	3.90	2.07	6075.26	29.0
100	4.60	2.29	6733.57	30.2



**Figura 7 – Curva Chave da seção transversal à montante da Ponte Férrea no Rio Piratini – Pedro Osório e Cerrito – RS.**



**Figura 8 – Curva de Probabilidade das Cotas de Cheia para Pedro Osório e Cerrito – RS, incluindo as marcas históricas.**



**Figura 9 – Mapa das Cotas de Inundação e Tempo de Retorno em Pedro Osório e Cerrito – RS.**

### **4.3 Zoneamento das áreas sujeitas à risco de inundação**

A identificação das áreas de inundação (Figura 9) dentro da delimitação da cheia de 100 anos ou a maior registrada apresenta-se como um dos critérios preliminares do zoneamento. Assim, conhecendo-se o risco de ocorrência de inundação para as diferentes cotas de várzea e o respectivo tempo de retorno, inferiu-se que a delimitação das áreas do zoneamento dependem das cotas altimétricas da área urbana. Delimitou-se as áreas de maior e menor risco de ocorrência de inundação (TUCCI, 2000) e, em uma segunda instância, considerou-se os aspectos jurídicos e políticos envolvidos, frente às restrições as classes de uso do solo nas referidas áreas (BARTH,1987).

Nesse contexto, o zoneamento propriamente dito é a definição de um conjunto de regras para a ocupação das áreas de maior risco de inundação, visando a minimização futura das perdas materiais e humanas em face das grandes cheias. Nesse sentido, entende-se daí que o zoneamento urbano permitirá um desenvolvimento racional das áreas ribeirinhas.

Quanto aos aspectos jurídicos e políticos, BARTH (1987) alerta sobre a dificuldade de implementar regras restritivas as formas de uso do solo nas áreas marginais aos rios, pois embora na Constituição Federal os rios representem áreas de domínio público, o mesmo não acontece com as áreas marginais, cujos limites de domínio público são controversos frente aos limites impostos pelo direito de propriedade. No Brasil, apesar da existência de uma legislação ambiental avançada, ocorrem grandes controvérsias entre Legislação & Realidade, pois a legislação requer um disciplinamento territorial que, para muitos,

representa uma restrição ao pleno desenvolvimento urbano e rural. Criam-se situações de conflito, a lei é burlada constantemente, falta controle e fiscalização.

As administrações públicas têm muita dificuldade de controlar o uso do solo. As pressões políticas, tanto aos administradores, como ao poder legislativo, conduzem a decisões meramente políticas, que desconsideram os princípios restritivos que nortearam um determinado zoneamento.

Para a exeqüibilidade de um zoneamento propõe-se como fundamental que a população e os administradores participem do processo de elaboração do planejamento e que se sintam co-responsáveis pela sua implantação, suplantando, então, interesses particulares.

Além dos aspectos, até então abordados, há de se considerar que um zoneamento é uma das formas de minimização de impactos, muitas vezes pontual, isto é, restrito a determinado segmento da bacia e que deve ser complementado com outras ações que garantam a integridade da bacia hidrográfica.

TUCCI & VILLANUEVA (1997) estabelecem alguns princípios básicos para planos que visem controle de inundações, entre eles destacamos:

- Bacia hidrográfica como sistema – os planos devem contemplar a bacia, impactos de quaisquer medidas não devem ser transferidos.
- A cheia natural não deve ser ampliada pelos que ocupam a bacia.
- O controle de inundações deve ser um processo permanente, não basta estabelecer regulamentos ou fazer obras de proteção.
- A educação da população, dos administradores e de profissionais é fundamental para que as decisões públicas sejam tomadas com o comprometimento de todos.

A área de cheia, sujeita à regulamentação, pode ser aquela limitada pelo nível de cheia anual até o nível correspondente a maior cheia conhecida ou ao nível correspondente a cheia com 100 anos de período de retorno. No caso de Pedro Osório e Cerrito verifica-se que o nível que corresponde a um período de retorno de 100 anos é de 30,2 m (Tabela 12 e Figuras 8 e 9), enquanto que o maior nível de inundação observado foi de 28,62m, na cheia de 1992 (Tabela 12).

A partir dessas marcas e tempos de retorno é possível relacionar alguns indicadores gerais que podem ser usados, num estudo preliminar, como mapeamento dos níveis de inundação, conforme apresentado na Figura 10, para as cidades de Pedro Osório e Cerrito.

- **Zona de Passagem das Enchentes:** Corresponde a faixa que vai desde o nível normal do Rio Piratini (cota de 13 m) até a cota de 22,6 m, tanto para as margens de Pedro Osório, quanto para Cerrito. Esta faixa, refere-se ao leito maior do rio Piratini e, portanto, àquela faixa com frequência de inundação de até 2 anos. Sugere-se, que esta faixa do rio fique desobstruída para evitar danos de monta e represamento. É prudente que nesta faixa não sejam permitidas novas construções e as Prefeituras de Pedro Osório e Cerrito, na medida do possível, realoquem as habitações ali existentes.

Essa área poderia ter seu uso destinado a agricultura, por exemplo, de hortaliças, ou outro similar compatíveis com as condições naturais ali existentes.

- **Zona com Restrições:** Corresponde a faixa a partir da cota de 23 m até a cota de 26,6m, tanto para as margens de Pedro Osório, quanto para Cerrito. Esta faixa, refere-se aos tempos de retorno de 5, 10 e 14 anos. Esta zona pode ser subdividida em sub-áreas, podendo ter seus usos permitidos para:

- i) parques e atividades recreativas ou esportivas, cuja manutenção, após cada cheia, seja simples e de baixo custo. De um modo geral, uma simples limpeza permitirá um novo uso;
  - ii) uso agrícola;
  - iii) habitação com mais de um piso, onde a parte superior deverá ficar situada, no mínimo, no nível do limite da enchente e estruturalmente protegida contra enchentes;
  - iv) industrial-comercial, como áreas de carregamento, áreas de armazenamento de equipamentos ou maquinário facilmente removível ou não sujeitos a danos de cheia. Nesta área não deve ser permitido o armazenamento de artigos perecíveis e, principalmente, o armazenamento de produtos tóxicos;
  - v) serviços básicos: linhas de transmissão, estradas e pontes, porém com zelo de projeto.
- **Zona de Baixo Risco:** Para Pedro Osório e Cerrito, esta zona corresponde às cotas a partir de 27,3 m, estando associadas aos tempos de retorno de 20, 42, 50 e 100 anos. Assim, a partir da cota de 28 m pode-se dispensar medidas individuais de proteção para as habitações, uma vez que nesta área ocorrem cheias de baixa frequência. No entanto, a população deve ser devidamente orientada para a eventualidade de uma cheia, principalmente quando se recorda que a enchente de 1959 e, mais recentemente ainda, 1992, atingiram, respectivamente, as cotas de 27,92 m e 28,62 m. Portanto, há que se precaver, evitando perdas decorrentes das cheias, podendo, inclusive recomendar-se o uso de edificações de moradia com, pelo menos, dois pisos, onde o segundo poderá ser eventualmente utilizado nos períodos críticos.





## CAPÍTULO 5

### CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Os pré-conceitos que antecederam este estudo foram completamente modificados no decorrer da pesquisa, pois as primeiras indagações e suposições estavam no âmbito da degradação ambiental. Imaginava-se que a bacia hidrográfica do rio Piratini estivesse completamente degradada e que as inundações urbanas nos municípios de Pedro Osório e Cerrito nada mais seriam do que uma resposta da natureza às agressões impostas pela ação do homem.

Com o estudo em andamento, percebemos que tal degradação fantástica não existia, surgindo então, a seguinte preocupação: – mas se não é a degradação ambiental a causa das inundações, o que vou estudar? Nesse momento, percebemos que para conhecermos algo devemos nos libertar de idéias pré-concebidas. A partir desse ponto iniciamos a busca pelo conhecimento.

A análise realizada, referente aos diferentes elementos interativos da paisagem que compõem a unidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Piratini possibilitou alcançar uma melhor compreensão da dinâmica hidrológica desta bacia e analisar as inundações que ocorrem em Pedro Osório e Cerrito.

O fato das nascentes do rio Piratini encontrarem-se a uma cota altimétrica de, aproximadamente, 400 m e dos núcleos urbanos de Pedro Osório e Cerrito localizarem-se junto às margens do rio Piratini a uma cota altimétrica de 20 m, onde o rio Piratini já drenou 70,4% da área total da bacia, já constitui um dado bastante representativo, pois a seção transversal do rio nesse trecho é o *locus* de passagem do volume de água de uma vasta área de drenagem.

O clima regional do tipo sub-úmido, as precipitações pluviométricas geradas por sistemas frontais, logo atingindo a área de estudo com mais frequência e regularidade no período de março a outubro podem justificar, em parte, os resultados obtidos. Como foi possível observar nos dados apresentados, os três eventos excepcionais analisados correspondem a anos de *El Nino*, o que nos faz concluir a influência da dinâmica atmosférica global na área de estudo.

As condições geológicas, geomorfológicas e pedológicas da porção montante da bacia favorecem o escoamento superficial, uma vez que as rochas magmáticas e metamórficas são impermeáveis, os mantos de intemperismo são pouco profundos e em algumas áreas inexistentes. Os solos do referido setor são rasos, do tipo litólicos nos terrenos mais altos e, podzólicos pouco profundos em meia encosta e nos vales, favorecendo o escoamento em superfície e em sub-superfície.

A cobertura vegetal herbácea entremeada de árvores esparsas, capões de mato e matas galerias dispostas ao longo das linhas de dissecação, dos arroios e das sangas, oferece certa proteção aos solos, dificultando processos erosivos intensos. É conveniente ressaltar que os principais focos de processos erosivos observados encontram-se ao longo das estradas vicinais, nas margens das estradas principais e no entorno das olarias.

As formas de uso do solo à montante da zona de inundação estudada não representa, ainda, uma ameaça a integridade da bacia. Todos os núcleos urbanos existentes na referida área são de pequeno porte, sendo que a atividade econômica predominante é a agropecuária. Sabe-se que tanto a agricultura como a pecuária, quando praticadas inadequadamente, podem gerar problemas ambientais, porém com a letargia econômica da zona sul do estado não se observa uma expansão destas atividades.

Os solos pobres de vastas áreas da bacia têm sido utilizados para a prática da silvicultura, uma atividade que protege os solos e retarda o escoamento superficial durante os eventos pluviais.

O fato de afirmar-se que a bacia hidrográfica do rio Piratini apresenta-se relativamente conservada, não significa que não existam intervenções antrópicas que contribuam para a ocorrência das inundações em Pedro Osório e Cerrito. A própria edificação destas cidades dentro da planície de inundação é uma delas, porém justificável pelo desconhecimento dos primeiros habitantes que ocuparam essa zona de risco potencial.

Entre as intervenções antrópicas presentes na área e que, com certeza, influenciam no tempo de permanência das inundações, são a rodovia BR-116 e a via férrea, embora não tenham sido realizados estudos quantitativos nessa pesquisa. A simples observação da geomorfologia local e da posição das referidas vias em relação à planície de inundação do rio é suficiente para afirmar que elas funcionam como retentoras das águas durante os períodos de cheias.

Esta questão extrapola ao poder político local e poderíamos colocá-la no âmbito da deficiente coordenação interinstitucional. No Brasil não existe integração entre as diferentes instituições que planejam e executam este tipo de obra, além do fato de que todas elas primam pela minimização de custos com as obras em si e não com os custos sociais.

A rodovia BR-116 intercepta toda a planície de inundação do rio Piratini, 17 km à jusante de Pedro Osório e Cerrito. O dique da estrada impede a passagem das águas, a ponte construída limita-se ao leito normal e os drenos não são suficientes para dar vazão às águas. Não é por acaso que trechos da estrada foram carregados por ocasião das cheias, a água queria passar.

A via ferroviária também constitui um dique, porém dentro da área urbana, confinando as águas. Além disso, os aterros que ligam a ponte férrea às margens, constituem um estrangulamento da seção transversal. Por ocasião do levantamento da seção transversal, verificou-se que o aterro e os trilhos estão na cota 28,70 m, portanto, um pouquinho acima da cota da maior inundação registrada.

Estas construções devem ser repensadas, principalmente nesse momento, onde a BR-116 encontra-se em vias de ser duplicada. A rota do MERCOSUL poderá ter resultados nefastos por ocasião de novas cheias.

Historicamente, as grandes cheias provocaram o colapso do sistema municipal de transportes: as vias vicinais, os pontilhões, as pontes e as estradas principais, foram parcial ou totalmente destruídas, e a recuperação prolongou-se por anos, uma vez que constituíam obras caras e demoradas. Quando da cheia de 1992, a ponte rodoviária que unia as duas cidades, foi levada pelas águas e sua reconstrução só foi concluída em outubro de 2000. Tal colapso afetou duramente os fluxos de produção e comercialização, não apenas nos municípios diretamente atingidos, mas também em alguns municípios vizinhos.

O tratamento estatístico dos dados permitiu estimar as vazões máximas na seção Pedro Osório/Cerrito e seus diferentes tempos de retorno, estes resultados uma vez relacionados à seção transversal permitiram o mapeamento das cotas de inundação. Este procedimento poderá reverter-se em prol destas cidades, se assim o quiserem, porém não é suficiente para resolver os problemas causados pelas inundações, apenas amenizá-los.

É necessário que outros estudos sejam feitos e que possam ampliar o conhecimento desta área e que contribuam para a convivência harmoniosa com o rio Piratini, dentre eles citamos:

- Levantamento de seções batimétricas ao longo do Rio Piratini, dentro do perímetro urbano de interesse, principalmente, pelo fato de existir ao longo da zona de passagem da enchente o estrangulamento devido às estruturas da ponte e linha férrea, bem como estrangulamento devido a grande barra aluvial à jusante das pontes, coincidindo com a direção do perímetro urbano;
- Melhoria do levantamento topográfico da área de inundação, com curvas de nível de 0,5m em 0,5 m;
- Cadastramento e definição, em planta e perfil, de todas as habitações, estradas, pontes e condutos na área de inundação;
- Aquisição de dados de escoamento, a partir da medição do nível (cota) do rio Piratini, o que é possível de maneira simples, posterior a colocação de régua vertical na água e observação regular desses níveis. Entretanto, há de se observar que a régua (linímetro) deve estar nivelada com referência a um *datum*, onde o ideal é usar uma referência de nível do levantamento geral da região. Porém, para que essas leituras de níveis possam ser confiáveis há que se adotar regras e critérios quando da escolha de um lugar adequado de instalação.

Convém ressaltar que essa sugestão extrapola à questão das cheias, esses dados são muito importantes para estudos referentes à qualidade das águas e ao aproveitamento dos recursos hídricos.

- Os projetos de drenagem pluvial e o de esgoto cloacal devem levar em conta os efeitos de cheias;
- A comunidade deve fazer parte das discussões para implementar medidas restritivas ao uso do solo urbano nesta seção, de forma que possam ser co-responsáveis pelas medidas que assegurem um melhor convívio com as cheias.

- Programas e campanhas de educação ambiental são de extrema importância para a construção de uma responsabilidade individual e coletiva, no que se refere aos cuidados com a preservação do rio e de suas margens.
- No contexto da bacia, devem ser implementados esforços políticos entre os municípios presentes nesta área para que se mantenha a integridade da bacia;

Este estudo mostra quão ínfimo é o conhecimento que dispomos sobre a bacia hidrográfica do rio Piratini e quantos aspectos necessitam de estudos aprofundados, um verdadeiro laboratório, aberto e receptivo, aos mais diversos profissionais que desejem não apenas contribuir com o seu saber, mas antes, aprender na construção do conhecimento.

## Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, Davi. **História do Município de Piratini: Roteiro Histórico e Sentimental**. Gráfica CEAJ, Piratini, 1999.
- ANDRETTI, Edilon Dias. **Relatório de Informações Gerais de Pedro Osório**. Prefeitura Municipal de Pedro Osório, 1989.
- BARTH, Flávio Terra. Fundamentos Para Gestão de Recursos Hídricos. In: **Modelos Para Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Ed. Nobel/ABRH, São Paulo, 1987.
- BIGARELLA, João J. e SUGUIO, Kenitiro. **Ambientes Fluviais**. Ed. da UFSC, Florianópolis, 1990.
- BROCHADO, José Proença. **Pesquisa Arqueológica no Escudo Cristalino do RS (Serra do Sudeste)**. Ed. PNPA – Museu Paraense Emílio Goeldi, Vol. 5, Belém, 1974.
- BRUNIARD, Enrique D.. **Hidrografia – Procesos Y Tipos De Escurrimiento Superficial**. Argentina: Editorial Ceyne, 1992.
- CALDAS, Pedro. **Pedro Osório, Sim Senhor! Retrato de Um Município Gaúcho**. Ed. Satya, Pelotas, 1990.
- CASSETI, Valter. **Ambiente e Apropriação do Relevo**. Ed. Contexto, São Paulo 1991.
- CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Análise De Sistemas Em Geografia**. São Paulo: HUCITEC, 1979.
- CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**.: Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1980.
- CLIMANÁLISE. Número Especial. **Boletim de Monitoramento Climático**. INPE, São José dos Campos (SP),1986..

COLOGNESE, S. A.; MÉLO, J.L.B.. A Técnica de Entrevistas Em Pesquisa Social. In: **Cadernos de Sociologia nº 9 – Pesquisa Social Métodos e Técnicas**. PPGS/URGS, Porto Alegre, 1998.

CPTEC-INPE (<http://www1.cptec.inpe.br/products/elinho/elinho3p.html>). **O El Niño –**

**Conseqüências do Fenômeno El Niño Sobre o Território Brasileiro e Perspectivas Para 1998.**

Relatório CPTEC-INPE, Cachoeira Paulista, 15/01/1998

COSTA, Alfredo R. da. **O Rio Grande do Sul – Completo Estudo Sobre o Estado**. Porto Alegre, Globo, 1922.

EMYGDIO, Décio Vaz. **Lagoa Mirim Um Paraíso Ecológico**. 6ª ed., Editora Livraria Mundial, Pelotas, 2000.

FORTES, Borges. **Christóvão Pereira - A Família Fortes**. Ed. Typographia do Centro, Porto Alegre, 1931.

GRUPO INTERMINISTERIAL DE TRABALHO. **Relatório de Prevenção e Controle das Enchentes do Rio Doce**. Ed. DNOS, Rio de Janeiro, 1982.

GUERRA, A.J.T.; BOTELHO, R.G.M.. Erosão dos Solos. In: **Geomorfologia do Brasil**. Ed. Bertrand do Brasil, Rio de Janeiro, 1998.

HORBACH, Rubem; et alii. Geologia In: **Série Levantamentos de Recursos Naturais**. Vol. 33. Ed. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1986.

INTENDÊNCIA Municipal de Jaguarão. **Apontamentos Para Uma Monografia de Jaguarão**. Ed. Globo, Porto Alegre, 1912.

ISAKOVIC, Djordje. **Rio Piratini Dam Site Geology: Picada Nova Profile**. CLM/UNDP/FAO Merim Lagoon Project Uruguay/Brasil, Treinta y Tres, December, 1969, 15 p..

JUSTUS, Jarbas de Oliveira; MACHADO, Maria Lúcia de Abreu; FRANCO, Maria do Socorro Moreira. In: **Série Levantamentos de Recursos Naturais - Relatório de**

- Geomorfologia. Vol. 33. Ed. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1986.
- LESSA, L. C. Barbosa. **Rio Grande do Sul, prazer em conhecê-lo**. Ed. Globo, Rio de Janeiro, 1984.
- LIMA, Walter ; ZAKIA, Maria J. B.. In: **Matas Ciliares – Conservação e Recuperação**. Hidrologia de Matas Ciliares. Edusp, São Paulo, 2000.
- LINDMAN, C. A. M; FERRI, M.G.. **A Vegetação no Rio Grande do Sul**. Ed. Itatiaia, Belo Horizonte, 1974.
- MAGALHÃES, Manoel Luiz. **Guerra Silenciosa (crônica da enchente)**. Pedro Osório, 1992.
- MEDEIROS, Manoel da Costa. **História do Herval – Descrição Física e Histórica**. Escola superior de Teologia São Lourenço de Brindes, Ed. da UCS, Caxias do Sul, 1980.
- MORAES, Roque. **Análise de Conteúdo: Limites e Possibilidades**. In: Paradigmas e Metodologia de Pesquisa em Educação. Ed. PUCRS, Porto Alegre, 1994.
- MORIN, Edgar. **O Método – A natureza da NATUREZA**. Portugal: Publicações Europa-América Ltda, 1977.
- MOTA, F.S. da; GOEDERT, C.O.; LOPES, N.F.; GARCEZ, J.B. e GOMES, A. S.. Balanço Hídrico do Rio Grande do Sul. In: **Boletim Técnico 62**. Pelotas. Instituto de Pesquisa Agropecuária do Sul, 1970, Pelotas.
- OLIVEIRA, A.A.B. de; RIBEIRO, A.G.. Relatório de Climatologia In: **Série Levantamentos de Recursos Naturais**. Vol. 33. Ed. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1986.
- ROCHA, Lucy Maffei Hutter e Arlinda. **A Colonização Em São Pedro do Rio Grande do Sul Durante o Império (1824-1889)**. Porto Alegre, ILL/DAC/SEC, 1975.

- SENNA, Adriana Kivanski de. **Ferrovias Gaúchas: Algumas Considerações.** In: **A Cidade do Rio Grande – Estudos Históricos.** FURG/SMEC, Rio Grande, 1995.
- SILVA, Waldemar Gonçalves da; REIS, Mario Goulart. **Inventário da Situação do Município de Pedro Osório.** Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Região Fronteira Sudoeste do País, Grupo de Planejamento da Baixada Sul Riograndense, 1965.
- SOMBROEK, W.G.. **Soil Studies In The Merin Lagoon Basin: Merin Lagoon Regional Project.** Treita y Tres: CLM/PNUD/FAO, 1969, v.1.
- SUDESUL-UCPel-ITEPA – **Estudo Diagnóstico do Município de Pedro Osório.** Pelotas, 1972.
- TCHERNIA, P. The Atlantic Ocean, In: **Descriptive Regional Oceanography.** Oxford, Pergamon Press, 1981.
- TEIXEIRA, Mario Bueda; COURA NETO, Augusto Barbosa. Relatório de Vegetação In: **Série Levantamentos de Recursos Naturais.** Vol. 33. Ed. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1986.
- TUCCI, C. E. (Coord.). Controle de Enchentes. In: **Hidrologia: Ciência e Aplicação.** ed. 2 Editora da Universidade: ABRH, Porto Alegre, 1997.
- TUCCI, C. E.. Regionalização de Vazões. **Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL.** Ed. IPH/UFRGS, Porto Alegre, 2000.
- TUCCI, C. E & VILLANUEVA, A. O N. Controle de Enchentes das Cidades de União da Vitória e Porto União. **CORPRERI - Comissão Regional Permanente de Prevenção Contra Enchentes do Rio Iguaçu.** 1997.
- VACARIA, Frei Critóvão de. **Rebelião das Águas.** Porto Alegre, Champagnat, 1960.