

# AValiação de Danos de Inundações Ocorridas em Blumenau/SC nos Anos 1983, 1984, 1992 e 2001

*Mário Tachini<sup>1</sup>; Masato Kobiyama<sup>2</sup>; Cláudio Loesch<sup>3</sup>; Dirceu Luis Severo<sup>4</sup>; Hélio dos Santos Silva<sup>5</sup> & Ademar Cordero<sup>6</sup>*

**RESUMO** --- No município de Blumenau/SC, desde 1852, ocorreram 69 eventos de inundação com níveis superiores a 8,50 metros. O conhecimento técnico-científico dessa bacia hidrográfica abrange estudos tradicionais como os de cunho hidrometeorológico e a materialização de discussões do gerenciamento das inundações. No entanto, uma abordagem avaliativa dos danos não chegou a ser aprofundada. O objetivo do presente trabalho é identificar os prováveis danos para a categoria residencial de Blumenau para os eventos dos anos de 1983, 1984, 1992 e 2001. Apesar do pequeno número de dados relativos aos anos de 1992 e 2001, os mesmos foram utilizados visando a abordagem estatística. A análise estatística dos dados obtidos nos questionários considerou a premissa de que até o ano de 1983 inexistia um Serviço de Monitoramento e Alerta de Cheias institucionalizado. Identificaram-se os ganhos socioeconômicos desse serviço, a partir de análises comparativas dos danos de 1983 e 1984. A magnitude dos níveis desses eventos foram 15,34 m e 15,46 m, respectivamente. A esse respeito, verifica-se que os danos de 1984 foram de 29,7%, comparativamente a 1983, sugerindo a crença de que o Serviço de Monitoramento, a atuação da Defesa Civil e a participação da população atingida foram determinantes para essa redução.

**Palavras-chave:** Inundação, avaliação dos danos, Blumenau.

**ABSTRACT** --- In Blumenau city, Santa Catarina State, there have been 69 flood events with flood levels over 8.50 m since 1852. The technical-scientific studies in this region cover the hydro-meteorological aspects and floods management. However, a damage evaluation has not been realized. Therefore, the objective of this study was to identify the probably-occurred damage to the residential category of Blumenau for the events of the years 1983, 1984, 1992 and 2001. Despite the small number of data for 1992 and 2001, they were used to statistical approach of four years. For the statistical analysis of data obtained with the questionnaires applied in flooded areas, it is the premise that the Floods Monitoring and Warning Service (FMWS) did not institutionally exist by 1983. The socioeconomic gains of this service was identified through the comparative analysis of the damage between 1983 and 1984 in which the water levels were 15.34 and 15.46 m, respectively. In this context, the damage of 1984 was 29.7% of that of 1983, which implies the FMWS, the role of Civil Defense and the participation of the affected population were determinant in this damage reduction.

**Key Words:** Floods, damage, Blumenau

<sup>1</sup> Professor do Departamento de Engenharia Civil da FURB, Rua Antonio da Veiga, 140 89012-900 Blumenau. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da UFSC, Florianópolis-SC. E-mail [mtachini@furb.br](mailto:mtachini@furb.br)

<sup>2</sup> Professor do Departamento de Engenharia Sanitária da UFSC, Campus Trindade, 88040-99 Florianópolis. E-mail [kobiyama@ens.ufsc.br](mailto:kobiyama@ens.ufsc.br)

<sup>3</sup> Professor do Departamento de Matemática da FURB, Rua Antonio da Veiga, 140 89012-900 Blumenau. E-mail [loesch@furb.br](mailto:loesch@furb.br)

<sup>4</sup> Professor do Departamento de Física da FURB, Rua Antonio da Veiga, 140 89012-900 Blumenau. E-mail [severo@furb.br](mailto:severo@furb.br)

<sup>5</sup> Professor do Departamento de Física da FURB, Rua Antonio da Veiga, 140 89012-900 Blumenau. E-mail [heliosil@furb.br](mailto:heliosil@furb.br)

<sup>6</sup> Professor do Departamento de Engenharia Civil da FURB, Rua Antonio da Veiga, 140 89012-900 Blumenau. E-mail [cordero@furb.br](mailto:cordero@furb.br)

## 1 INTRODUÇÃO

As enchentes e a evolução delas, ou seja, as inundações situam-se entre os principais tipos de desastres naturais, comumente deflagrados por chuvas intensas e de longa duração. Invariavelmente, a ocorrência de enchentes e inundações se dá ao longo de todas as regiões da Terra, sendo potencializados pelas alterações ambientais e intervenções antrópicas nas áreas urbanas e rurais. O crescimento urbano, quando ocorre em áreas de alto risco de inundação, normalmente, ocupada por populações de menor poder aquisitivo, tem contribuído imensamente com prejuízos humanos e materiais. Os dados registrados pelo Emergency Disasters Data Base (EM-DAT, 2007) indicam que no Brasil, no período de 1957 a janeiro de 2007, dentre os desastres naturais, as inundações, são os que ocorreram com maior frequência e provocaram o maior número de perdas humanas.

Admitem-se neste trabalho os pressupostos conceituais segundo propõe Brasil (2007) que indica, inundação como um fenômeno de extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais, quando a enchente atinge cota acima do nível máximo da calha principal do rio. Já o termo enchente ou cheia é utilizado para caracterizar a variação temporária dos níveis das águas e das respectivas vazões em um canal de drenagem.

Estudos de avaliação de danos são encontrados nos Estados Unidos, realizados pelo USACE (U.S. Army Corps of Engineering), ainda na década de 1950 (NRC, 2000 e Tucci, 2000). Assim como em vários países da Europa, principalmente na Inglaterra, que remontam da década de 1970, com trabalhos pioneiros de Penning Rowsell e Chatterton (apud Lima, 2003 e Machado *et al.*, 2005).

No Brasil, alguns dos estudos que discutem a avaliação de danos são apresentados por Lima (2003); Machado *et al.*, (2005); Cançado *et al.*, (2007).

Em Santa Catarina, Marcelino *et al.*, (2006a) analisaram a qualidade do banco de dado de desastres naturais do Departamento Estadual de Defesa Civil de Santa Catarina (DEDC-SC) concluindo que as inundações representam 61% do total de registros.

Por sua vez, Hermann (2007) demonstrou que os desastres naturais com origem nas adversidades climáticas no Estado de Santa Catarina, entre os anos de 1980 a 2000, indicam que as inundações graduais são as mais frequentes, com 1215 eventos, correspondendo a 45,6% dos episódios registrados nesse período. Do mesmo modo, Marcelino *et al.*, (2006b) realizaram um “mapeamento de risco de desastres naturais no estado de Santa Catarina” e mostraram que os eventos de inundação gradual representam 45% do total, seguida pela inundação brusca e vendaval com 19% e 17%, respectivamente. Os autores também procuraram identificar por meio de indicadores, como o Índice de Risco, para os municípios com maior frequência de desastres

naturais. Os municípios que apresentaram maiores índices de riscos foram Florianópolis, Blumenau, São José dos Cedros, Joinville e Chapecó.

Inserido nesse contexto, verifica-se que ao longo da história de ocupação do Vale do Itajaí, as cidades que se instalaram nas áreas mais próximas dos rios, vêm sendo atingidas por inundações periódicas, desde o primeiro registro em 1852. Focando essa temática de inundações, possivelmente, condicionada por períodos prolongados sem inundações, a população ganhou confiança, permanecendo no local ou, pior ainda, aumentando a taxa de ocupação territorial.

Vários estudos na bacia hidrográfica do rio Itajaí são apresentados por Frank (2003) dentre outros, que sintetizam os resultados das pesquisas e do desenvolvimento de ações ao longo de vinte e cinco anos, do Instituto de Pesquisas Ambientais (IPA). O conhecimento técnico-científico dessa bacia hidrográfica abrange estudos tradicionais como os de cunho hidrometeorológico e a materialização de discussões do gerenciamento das inundações, com a criação do Comitê da Bacia e Agência de Água. No entanto, a abordagem avaliativa dos danos não chegou a ser aprofundada.

O conhecimento dos danos provocados por inundações possibilita a melhoria das ações dos órgãos públicos, sejam no reordenamento do espaço urbano ou a minimização dos prejuízos, a partir da atividade de um serviço sistemático e operacional de alerta. De modo particular, este conhecimento prévio permite à Defesa Civil utilizar um instrumento metodológico detalhado e indicador dos danos categorizados por domicílios, comércio e serviços, vinculados aos níveis de inundações e agir antecipadamente na prevenção.

A aplicação da pesquisa em Blumenau é justificada pelo seu caráter histórico e pela importância do município no contexto de estudos de inundações. As inundações ocorridas, principalmente aquelas de maior impacto, em passado mais recente (década de 80), impulsionaram a adoção de várias medidas de prevenção, controle e experiências à população, bem como a formação de bases de dados importantes ao desenvolvimento da região.

Para a execução do trabalho foram realizadas várias atividades, como: (i) desenvolvimento e aplicação de questionários em residências, comércio e prestadores de serviço, visando obter informações sobre os danos históricos dos eventos dos anos de 1983, 1984, 1992 e 2001; (ii) análise estatística dos dados levantados para cada evento; (iii) análise dos danos socioeconômicos para a categoria residencial.

## **2 ÁREA DE ESTUDO**

O antigo território do município de Blumenau, fundado oficialmente em 1852, até em 1934 compreendia uma área de 10.610 km<sup>2</sup>, atualmente é de 531 km<sup>2</sup> (Figura 1). Blumenau localiza-se na Zona Fisiográfica do Estado de Santa Catarina designada como “Bacia do rio Itajaí-açu”, compreendendo por uma área de drenagem até a cidade de 12.000 km<sup>2</sup>. A cidade situa-se aos 26° 55’ 26’’ de Latitude Sul e aos 49° 03’ 22’’ de Longitude Oeste de Greenwich, distando 89 km em linha reta de Florianópolis. (PMB, 2002)

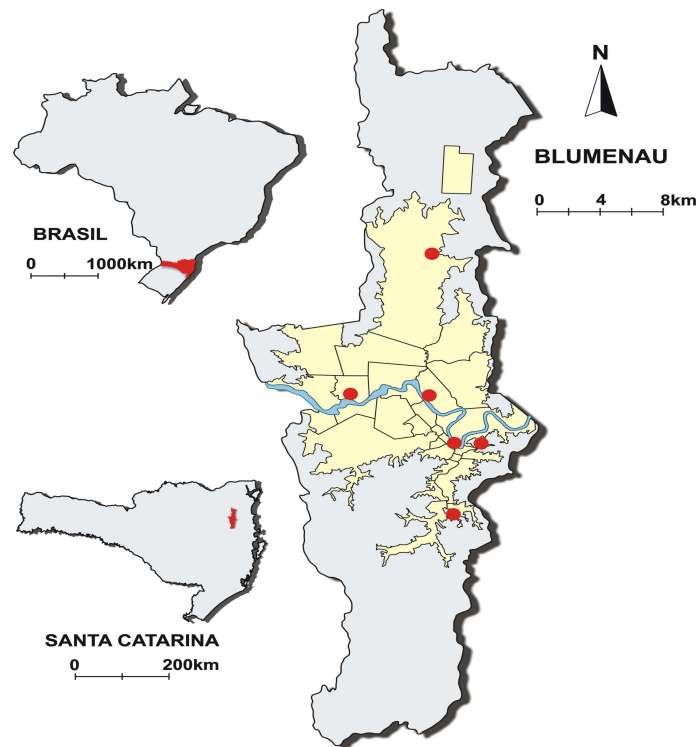


Figura 1 – Localização do município de Blumenau/SC (Fonte: IPA-CEOPS/FURB)

O núcleo urbano encontra-se às margens do rio Itajaí-açu, cortando-o no sentido Oeste – Leste, com largura variável de suas margens de 200 a 300 metros. Em suas margens predominam morros, desenhando uma faixa estreita e variável, limitando a expansão urbana. A topografia na região urbana é bastante acidentada, apresentando grandes diferenças de altitude, de 14 a 200 metros.

Verifica-se que em 40 anos a população quase quadruplicou, passando de 66.788 habitantes em 1960, para 261.868 em 2000. A importância disso é a pressão por ocupação de áreas muitas vezes inadequadas.

O incremento populacional nesse período pode ser avaliado também pela taxa de crescimento populacional de Blumenau (Tabela 1). De outro modo, podem ser vistos na Tabela 2 os incrementos populacionais na área urbana, em detrimento da área rural.

Tabela 1 – Evolução do crescimento populacional (%) entre períodos de 1960 a 2000.

1960 -1970	1970 -1980	1980 - 1991	1991 -1996	1996 - 2000
4,148	4,601	2,782	1,701	3,140

Fonte: PMB (2002).

Tabela 2 – Evolução e representatividade da população urbana e rural no período de 1960 e 1996

Ano	Urbana	(%)	Rural	(%)	Total
1960	47.740	71,5	19.038	28,5	66.778
1970	86.519	86,3	13.762	13,7	100.281
1980	146.001	92,8	11.250	7,2	157.251
1991	186.190	87,6	26.488	12,4	212.678
1996(*)	219.369	94,8	12.032	5,2	231.401

Fonte: PMB (2002)

(\*) Pela Lei complementar nº 83, de 08 de junho de 1995, o perímetro urbano da cidade de Blumenau, aumentou a área urbana de 156 km<sup>2</sup>, para 192 km<sup>2</sup>.

Na bacia hidrográfica do rio Itajaí pode-se distinguir nitidamente uma variação quantitativa da chuva no decorrer do ano, com as seguintes características: 1) uma estação chuvosa principal no verão, que abrange em geral três meses (janeiro a março); 2) uma estação chuvosa secundária na primavera; 3) há um período de 5 meses, que é o menos chuvoso do ano, abril a agosto, ou seja, no outono/inverno. Desses meses, o mais seco é o mês de abril.

Esse regime pluviométrico favorece a formação de enchentes no Vale do Itajaí, mas tem na sua quase totalidade, um quadro de chuva associado com frentes frias semi-estacionárias. O autor explica que, os mecanismos físicos que geram chuva e que normalmente se posicionam entre as massas de ar frio e de ar quente, deslocam-se lentamente, ou até estacionam sobre o Estado, com intensidade de chuva da ordem de 100 mm em 24 horas. (Silva e Severo, 2009)

Severo (1994) afirma que a configuração de grande escala produz as condições necessárias para a formação de um ambiente favorável ao desenvolvimento das tempestades. Já, diversas características de escala menor atuam principalmente no início do desenvolvimento das tempestades, como os efeitos do aquecimento diferencial e topografia.

Com relação à distribuição espacial do número de dias de chuva, as médias anuais variam de 120 e 180 dias de chuva por ano. Durante as estações chuvosas há, em média, 15 dias de chuvas por mês. Esses valores são importantes pelo fato de nortear as atividades urbanas como a construção civil e o saneamento básico, dentre outros aspectos. (Silva e Severo, 2009)

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Materiais

Para a quantificação dos danos na área urbana do município de Blumenau foram utilizados os seguintes materiais:

- a) As informações do “Mapa com os Níveis de Inundação”, do município de Blumenau (DNAEE,1987);
- b) Mapeamento de Área Inundável de Blumenau - SC nas escalas 1: 2.000, com curva de níveis de 1m e 1:10.000, com curva de níveis de 5m. Os pontos escolhidos correspondem aos cruzamentos de ruas na área urbana (Pinheiro, 1987);
- c) Cota-Enchente para a cidade de Blumenau, que indicam nos cruzamentos de ruas as respectivas Cotas de Enchentes (Cordero e Butzke, 1995);
- d) Relatório de cotas de enchente em cruzamentos da cidade referenciados às inundações de 1984 e 1992 (IPA/Ceops, sd).

#### 3.2 Questionário

A pesquisa foi fundamentada na aplicação de entrevistas em áreas inundáveis. Inicialmente determinou-se o tamanho da amostra que pudesse estatisticamente representar a heterogeneidade da população e suas condições socioeconômicas. Considerou-se uma amostragem generalizada para o município, ou seja, admitindo-se o critério da distribuição para o município, sem estratificar por tipo de edificações e níveis de submersão.

Os dados foram coletados através da aplicação de 387 questionários categorizados em (i) residências (285); (ii) comércio e serviços (102) em 19 bairros mais densamente ocupados, dentre os 27 bairros do município, que são atingidos a partir da cota de 8,5 metros. Contudo as análises serão apenas da categoria residencial.

Como o estudo requer investigações de cunho quantitativo e qualitativo, os questionários foram construídos de maneira bem distinta. Para ambos os tipos de investigação foram obtidas informações cadastrais, características de cunho pessoal e familiar, renda familiar, características do imóvel, vivências e percepções de inundações.

Os questionários foram aplicados entre os meses de maio a julho de 2008, por uma equipe composta de seis acadêmicos e outros quatro profissionais. Antes da aplicação dos questionários, procedeu-se a um teste piloto.

O teste *piloto* foi realizado com o intuito de selecionar as perguntas adequadas para serem incluídas na versão final do questionário que se utilizou na investigação. Desse modo, procurou-se realizar uma análise simples dos dados do questionário com o intuito de se verificar quais perguntas que tiveram poucas respostas, quais os seus motivos, como: são ambíguas, são sensíveis demais - porque pedem informações, seja, demasiadas pessoais ou ainda, solicitam informações desconhecidas para uma grande parte dos respondentes. Outro aspecto importante foi estabelecer um sequenciamento conveniente das questões, de modo a não ferir susceptibilidades do entrevistado. Nessa análise preliminar foram aplicados 35 questionários abrangendo os Bairros: Garcia, Ribeirão Fresco e Centro. Esse quantitativo está de acordo com a recomendação de Hill (2005) que propõe a aplicação de teste piloto em número de 30 a 50 questionários.

Os dados coletados foram processados em um *software* estatístico, LHStat<sup>2</sup> com comandos e sistema de ajuda totalmente em português, que oferece, dentre outras características: (i) a edição de planilhas com os dados estatísticos; (ii) diversas análises estatísticas de uso comum e análises multivariadas; (iii) edição de texto integrado, onde os resultados das análises e gráficos são apresentados.

De outro modo, foram utilizados os polígonos das manchas de inundação das cotas de 10, 12 e 15,46 metros para a obtenção das áreas das edificações da categoria residencial, com exclusão de edifícios multiresidenciais (apartamentos). Utilizou-se o *software* Arc-View para essa atividade.

### 3.3 Avaliação de danos

O ato de avaliar pressupõe uma análise técnica, para identificar o valor de um bem, de seus custos, frutos e direitos, a uma determinada finalidade, situação e data (ABNT, 2001).

Avaliar os danos<sup>3</sup> provocados por inundações é antes de tudo, uma atividade complexa e demanda muita habilidade para incorporar profissionais de várias áreas de conhecimento, como as ciências sociais, econômicas, engenharias e ambientais. Requer-se uma análise sistemática e criteriosa dos vários tipos de prejuízos causados por inundações. Inicialmente é necessário especificar as diferentes categorias de danos (Penning-Rowsell *et al.*, 2003, apud FLOODsite, 2007; Messner e Meyer, 2005).

A mensuração dos danos materiais e das perdas econômicas às propriedades, assim como os sofrimentos das populações atingidas alcançam dimensões quase impossíveis de quantificação. Essa

---

<sup>2</sup> Software desenvolvido por Dr. Cláudio Loesch e Dra. Marianne Hoeltgebaum, professores pesquisadores da Fundação Universidade Regional de Blumenau.

<sup>3</sup> O termo “dano” pode ter vários significados e depende dos interesses de especialistas envolvidos em avaliações. A abordagem com enfoque público de perdas de vidas, de bem estar, valor de mercadorias e serviços, comparado com as condições de pré-inundação, caracteriza o dano provocado por inundações. Com esse sentido, portanto, a abordagem é econômica (FLOODsite, 2007).



avaliação é diretamente dependente da geográfica do local, das características do tempo e clima, ocupação humana de áreas de risco, com toda a sua complexidade socioambiental.

O questionário utilizado nessa pesquisa foi apoiado em McBean *et al.*, (1988), porém, procedeu-se vários ajustes à realidade local. Os autores aplicaram questionários em sete comunidades na província de Ontário, Canadá, sendo que o conteúdo do mesmo abrangia: informações cadastrais das pessoas atingidas, tipo de estrutura, descrição dos conteúdos de cada peça da casa, descrição dos conteúdos, mobiliários, eletrônicos e custos dos bens em um total de 287 entrevistas.

Especificamente no Estado de Santa Catarina, poucos são os dados referentes aos prejuízos inerentes às inundações. Para os eventos de julho de 1983 e agosto de 1984 obtiveram-se informações mostradas na Tabela 3.

Tabela 3 – Dada dos efeitos das inundações de julho de 1983 e agosto de 1984 no Estado de Santa Catarina

Discriminação	Julho de 1983	Agosto de 1984
População do Estado	3.800.000	3.800.000
População atingida	2.660.000	1.450.000
População flagelada	219.856	255.885
População atingida no Vale do Itajaí	158.000 <sup>(1)</sup>	
População atingida em Blumenau	50.000	
Total de municípios catarinenses	199	199
Municípios atingidos	186	131
Comunidades rurais	11.500	11.500
Comunidades atingidas	6.500	4.370
Número de famílias	845.000	845.000
Famílias Atingidas	210.000	206.150
Indústrias	10.500	10.500
Indústrias atingidas	1.166	1.895
Empresas comerciais atingidas	2.033	965
Casas destruídas	3.320	364
Casas danificadas	12.645	485
Mortos e desaparecidos	65	19
Prejuízos Totais (US\$)	1.103.198.458,00	161.664.031,00

Fontes: Adaptado de SC (1992); exceto (1) PMB (1991).

A partir dessa tabela obtêm-se algumas informações importantes:

- Prejuízo/pessoa flagelada para julho/1983 = US\$ 5017,82;
- Prejuízo/pessoa flagelada para agosto/1984 = US\$ 631,78;
- Prejuízo de agosto/1984 foi da ordem de 15% daquele registrado em julho/1983.



Porém é preciso registrar que a inundação de 1983 manteve-se com os níveis superiores a 8,5m (referência – Blumenau) entre os dias 07/07/83 a 04/08/83, ocorrendo nesse período quatro ondas de cheias e a inundação de agosto de 1984 transcorreu entre os dias 06/08/84 a 10/08. Além da diferença temporal entre esses eventos, três fatos favoreceram significativamente na diferença dos prejuízos:

- Os Serviços de Meteorologia Nacionais emitiram boletins de alerta antecipados à região;
- O Sistema de Monitoramento Hidrometeorológico do Vale do Itajaí estava em fase de testes em agosto de 1984, com três postos telemétricos instalados e,
- O Sistema de Previsão e Alerta – CEOPS, também iniciou suas atividades com a emissão das primeiras previsões de níveis ao município de Blumenau/SC.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Período de retorno

Segundo Tucci (1993) as principais distribuições estatísticas utilizadas em hidrologia para o ajuste de eventos extremos são: Empírica, Log-Normal, Gumbel e Log-Pearson III. Neste trabalho foi utilizada a distribuição estatística de Gumbel.

Com base na teoria dos extremos de amostras ocasionais, Gumbel demonstrou que, se o número de precipitações máximas anuais tende para o infinito, a probabilidade  $P_i$  de qualquer uma das máximas ser maior ou igual do que um certo  $X_i$  é dada pela equação (Villela e Mattos, 1975):

$$P_i = 1 - e^{-e^{-y_i}} \quad (1)$$

onde  $y_i$  é a variável reduzida, dada por:

$$y_i = a \cdot (X_i - X_f) \quad (2)$$

onde  $a$  é um parâmetro;  $X_i$  é um certo valor da variável aleatória  $X$  (vazões máximas anuais);  $X_f = \mu - 0,450 \cdot \sigma$  para  $n \rightarrow \infty$  ( $\mu$  é a média do universo e  $\sigma$  é o desvio padrão do universo).

Na prática, não se tem um número suficiente de dados para se considerar  $n \rightarrow \infty$ . Gumbel calculou os parâmetros  $X_f$  e “ $a$ ” pelas seguintes expressões:

$$X_f = \bar{X} - S_x \cdot (\bar{y}_n / S_n) \quad (3)$$

$$a = S_n / S_x \quad (4)$$

onde  $\bar{X}$  é a média da variável X (vazões máximas);  $\bar{y}_n$  e  $S_n$  são a média e o desvio padrão da variável reduzida (valores tabelados em função do número de dados);  $S_x$  é o desvio padrão da variável X.

Para o estudo estatístico das vazões máximas anuais utilizou-se da série histórica de Blumenau com registros de 91 anos, considerando dois períodos: o primeiro de 1852 até 1939, com registros de níveis descontínuos acima de 8,5 metros e, o segundo período vai do ano de 1939, com informações diárias do posto, código nº 83800002, coordenadas 26°55' 49"04. Portanto, tem-se 31 dados de níveis máximos, mas descontínuos e de 70 anos de registros contínuos.

O método de Gumbel foi aplicado com o auxílio da planilha Excel, onde no eixo “x” indica a variável reduzida e no eixo “y” as vazões máximas anuais. A Figura 2 apresenta o ajuste da reta e a respectiva equação do método Gumbel.

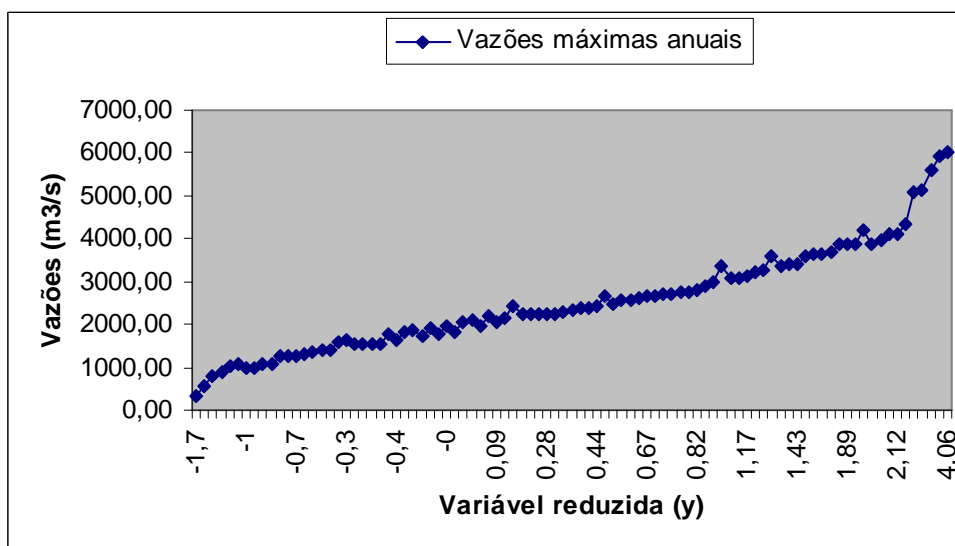


Figura 2 - Vazões máximas para Blumenau através do método de Gumbel.

A Tabela 4 apresenta os períodos de retorno com as respectivas vazões, extraídas da Figura 2.

Tabela 4 – Vazões para diversos períodos de retorno

Período de retorno T (anos)	Variável reduzida (y)	Vazão Q (m <sup>3</sup> /s)
1,0	-1,99	329,90
2,5	0,67	2648,69
5,5	1,60	3575,20
11,1	2,36	4328,37
24,8	3,19	5154,22
58,7	4,06	6021,51

## 4.2 Análise estatística dos quatro eventos

Dentre as 285 entrevistas aplicadas à categoria residencial, resgataram-se os danos para as inundações de 1983, 1984, 1992 e 2001. A Tabela 5 apresenta características estatísticas desses eventos.

Tabela 5 – Estatística descritiva dos danos levantados nas entrevistas

Variável	PrejuT83	PrejuT84	PrejuT92	PrejuT01
Número de casos	100	45	11	12
Mínimo	2075	2075	2075	2075
Máximo	33200	12450	6225	6225
Amplitude intervalo	31125	10375	4150	4150
Soma	1,0707e+006	143175	26975	32370
Média	10707	3181,67	2452,27	2697,5
Mediana	2905	2075	2075	2075
Moda	2075(36 casos)	2075(24 casos)	2075(10 casos)	2075(7 casos)
Variância	1,28553e+008	5,44074e+006	1,56568e+006	1,39346e+006
Desvio-padrão	11338,1	2332,54	1251,27	1180,45
Coef. de variação	105,89%	73,31%	51,02%	43,76%
Coef.de assimetria	+1,109	+3,029	+2,846	+2,438

Aplicando-se o método de classificação hierárquica às inúmeras variáveis do questionário, apresentam-se aqui apenas aquelas com as melhores correlações (Figura 3). As variáveis são: *PrejuT83* (danos em 1983), *PrejuT84* (danos em 1984), *PrejuTot* (soma dos danos em 1984, 1992 e 2001), *Areaimo* (área do imóvel), *Nivelnun* (nível de inundação) e *Rendafam* (renda média familiar).

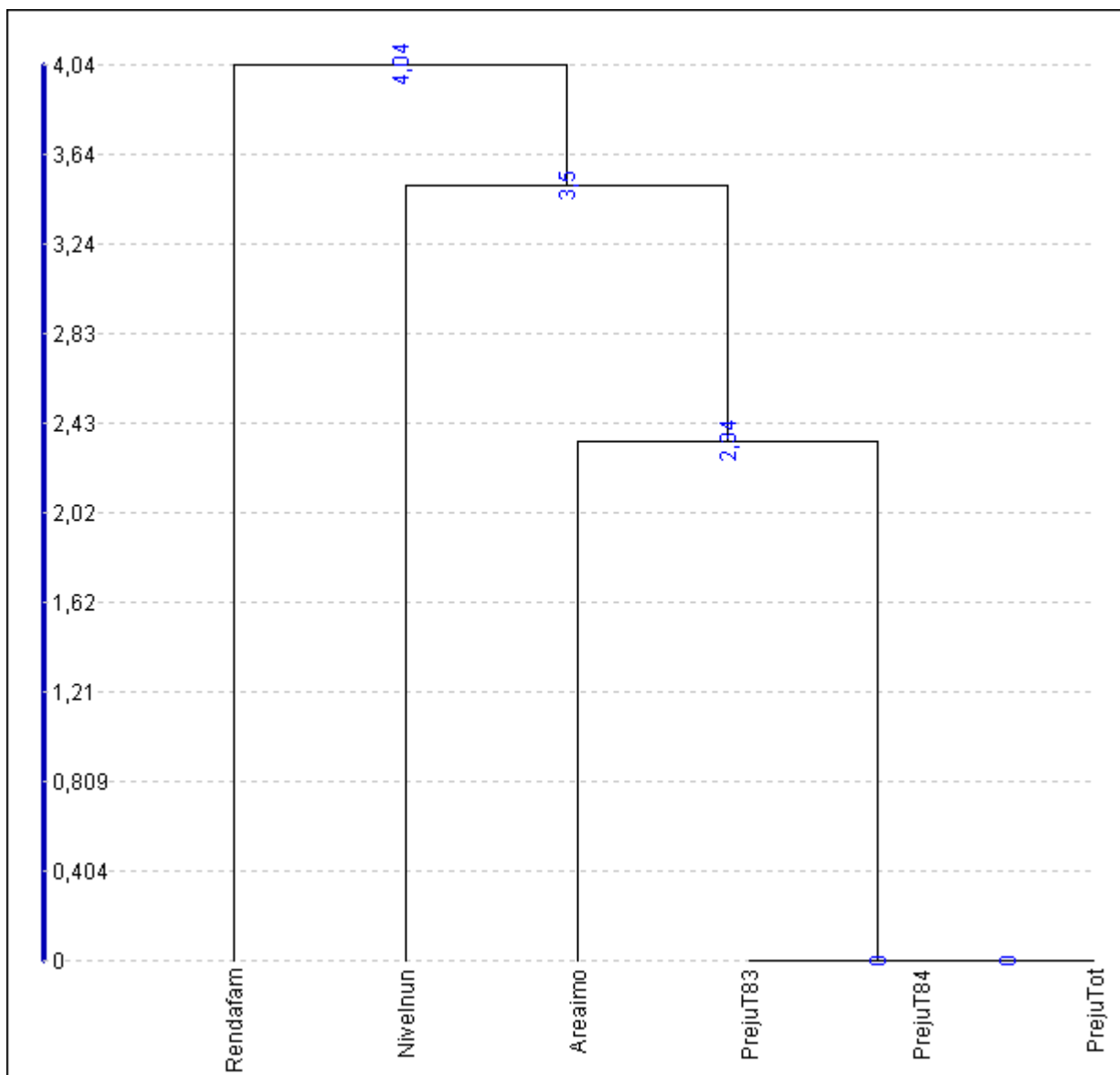


Figura 3 – Classificação hierárquica de seis variáveis do questionário da categoria residencial

Comentário: Observa-se que as características que são agrupadas a menores índices correspondem as de maior correlação positiva entre si, como o primeiro grupo de classes: *PrejuT83*, *PrejuT84* e *PrejuTot*, seguida pelo segundo grupo de classe: a *Areaimo*, seguida por uma terceira classe, a variável *Nivelnun*. No outro extremo está mostrando pouca similaridade com as demais classes, a variável *Rendafam*. Os níveis de agrupamento para as classes de melhor agrupamento são de 0 e no extremo é da ordem de 4.

Na Tabela 6 são indicadas as correlações entre as variáveis citadas e mostradas na Figura 3. As variáveis *Areaterr*, *Nivelnun* e *Rendafam* apresentaram as menores correlações entre as variáveis dependentes identificados por *PrejuT83*, *PrejuT84*, *PrejuT92* e *Prejut01*. A variável *Areaimo* apresentou uma correlação forte para a variável dependente *PrejuT01* e *PrejuT92* e relativamente fraca para *PrejuT84* e *PrejuT83*. Entretanto, utilizou-se essa variável pela facilidade de obtenção entre os moradores e n cadastro de edificações na Secretaria de Planejamento do município.

Tabela 6 - Correlações entre variáveis analisadas.

Variável	Areaterr	Areaimo	Nivelnun	PrejuT01	PrejuT92	PrejuT84	PrejuTot	PrejuT83	Rendafam
Areaterr	1	0,1207	-0,0523	0,5029	0,8533	-0,0384	-0,0149	-0,0743	0,047
Areaimo	0,1207	1	-0,0326	0,5957	0,8559	0,2499	0,2031	0,1962	0,2695
Nivelnun	-0,0523	-0,0326	1	0,1436	0,1518	0,0933	-0,0332	0,2368	-0,0706
PrejuT01	0,5029	0,5957	0,1436	1	-0,0706	-----	0,9792	0,9792	0,3689
PrejuT92	0,8533	0,8559	0,1518	-0,0706	1	0,3689	1	1	0,1774
PrejuT84	-0,0384	0,2499	0,0933	-----	0,3689	1	1	0,7141	0,0513
PrejuTot	-0,0149	0,2031	-0,0332	0,9792	1	1	1	0,7141	0,0487
PrejuT83	-0,0743	0,1962	0,2368	0,9792	1	0,7141	0,7141	1	0,2098
Rendafam	0,047	0,2695	-0,0706	0,3689	0,1774	0,0513	0,0487	0,2098	1

Na seqüência são apresentados os resultados das análises de regressão e correlação para os eventos estudados (Tabelas 7).

Os valores dos coeficientes de correlação entre as variáveis analisadas, para os anos de 1983 e 1984 são baixos, já para os anos de 1992 e 2001 os mesmos coeficientes apresentam melhores correlações entre as variáveis, contudo o número de observações é pequeno nesses últimos anos. Para o ano de 1983 verifica-se na Tabela 7.a, uma variância muito grande entre os casos analisados. Para os demais eventos, verifica-se uma pequena variância entre os casos.

A análise de variância sintetizada pelo teste “F” indica que a hipótese de igualdade das médias (entre as variáveis correlacionadas) é rejeitada ( $F > F_{crítico}$ ), isso para todos os anos. Porém, não invalida o uso das equações de regressão, pois ao nível de significância de 5% a análise de variância das variáveis estudadas indicou positivamente para todos os quatro anos.

Tabela 7. – Análise de regressão, correlação e variância para as variáveis prejuízos totais, área construída dos imóveis e níveis de inundação do imóvel: (a) 1983, (b) 1984, (c) 1992, e (d) 2001.

(a)

Coef. correlação r	+0,31357					
Coef. determinação r <sup>2</sup>	0,09833					
Signific. ao nível de 5%	Sim					
Erro padrão(resid.)	10876,7					
Observações	100					
<b>Equação de regressão:</b> PrejuT83 = 1369,27 +30,822 * Areaimo +1813,76 * Nivelnun						
<b>Fonte Variação</b>	<b>Varição</b>	<b>G.L.</b>	<b>Variância</b>	<b>F calculado</b>	<b>F crítico</b>	
Regressão	1,25137e+009	2	6,25685e+008	5,28884	3,09019	
Residual	1,14754e+010	97	1,18303e+008			
Total	1,27267e+010	99				
<b>Variável</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>D. padrão</b>	<b>Estatística t</b>	<b>Signif.</b>	<b>Esquerdo IC</b>	<b>Direito IC</b>
Constante	+1369,27	3081,79	+0,444	Não	-4747,23	7485,77
Nivelnun	+30,822	14,4591	+2,132	Sim	2,1247	59,5193
Rendafam	+1813,76	714,87	+2,537	Sim	394,943	3232,58
<b>t crítico (signif.)</b> = +/-1,98472 (IC = Intervalo de confiança)						

(b)

Coef. correlação r	+0,35301					
Coef. determinação r <sup>2</sup>	0,12462					
Signific. ao nível de 5%	Sim					
Erro padrão(resid.)	0,591262					
Observações	46					
<b>Equação de regressão: PrejuT84 = 2136,12 * exp(0,00291295 * Areaimo)</b>						
<b>Fonte Variação</b>						
Regressão	2,18976	1	2,18976	6,26379	4,06171	
Residual	15,382	44	0,349591			
Total	17,5718	45				
<b>Variável</b>						
Constante	+7,66675	0,156106	+49,113	Sim	7,35214	7,98136
Nivelnun	+0,00291295	0,0011639	+2,503	Sim	0,000567269	0,00525862
<b>t crítico (signif.) = +/-2,01537 (IC = Intervalo de confiança)</b>						

(c)

Coef. correlação r	+0,85589					
Coef. determinação r <sup>2</sup>	0,73254					
Signific. ao nível de 5%	Sim					
Erro padrão(resid.)	0,180574					
Observações	11					
<b>Equação de regressão: PrejuT92 = 1526,77 * exp(0,00284575 * Areaimo)</b>						
<b>Fonte Variação</b>						
Regressão	0,803763	1	0,803763	24,65	5,11736	
Residual	0,293464	9	0,0326071			
Total	1,09723	10				
<b>Variável</b>						
Constante	+7,33091	0,0983559	+74,534	Sim	7,10841	7,5534
Nivelnun	+0,00284575	0,000573177	+4,965	Sim	0,00154913	0,00414237
<b>t crítico (signif.) = +/-2,26216 (IC = Intervalo de confiança)</b>						

(d)

Coef. correlação r	+0,65349					
Coef. determinação r <sup>2</sup>	0,42705					
Signific. ao nível de 5%	Sim					
Erro padrão(resid.)	0,258007					
Observações	12					
<b>Equação de regressão: PrejuT01 = 1659,39 * exp(0,0025646 * Areaimo)</b>						
<b>Fonte Variação</b>						
Regressão	0,496162	1	0,496162	7,45351	4,9646	
Residual	0,665676	10	0,0665676			
Total	1,16184	11				
<b>Variável</b>						
Constante	+7,41421	0,173305	+42,781	Sim	7,02806	7,80035
Nivelnun	+0,0025646	0,000939376	+2,730	Sim	0,000471541	0,00465766
<b>t crítico (signif.) = +/-2,22814 (IC = Intervalo de confiança)</b>						

### 4.3 Danos

Utilizando-se das equações de regressão e do cadastro de edificações do município de Blumenau obtiveram-se os danos para os quatro eventos em análise. A Tabela 8 resume esses danos para a categoria residencial. A Figura 4 apresenta as correlações entre os danos e o período de

retorno para os quatro eventos. Na Figura 5 excluíram-se os danos do evento de 1983, considerando o pressuposto de que os três eventos tenham sido minimizados pela ação da Defesa Civil. O coeficiente de determinação para a segunda abordagem é de 0,9994, contra 0,8995, considerando também o evento de 1983.

Assim, os danos estimados para o ano de 1983 foram superiores a 77 milhões, representando um dano médio de R\$ 91,87 por área construída residencial. Contudo, para o ano de 1984 os danos foram minimizados para pouco mais a 21,5 milhões e uma taxa média de R\$ 25,59 por área construída residencial. Ao compararmos os danos de 1983 com os do ano de 1984 tem-se 27,9% do primeiro. De outro modo, ao verificarmos os danos referentes aos anos 1992 e 2001, têm-se taxas contraditórias, pois se espera que os danos por área construída para o ano de 1992 fossem superiores. Talvez isso se deva as dificuldades na obtenção de informações entre os entrevistados.

Tabela 8 – Níveis, período de retorno, danos totais por área construída dos eventos analisados

Evento (ano)	Nível (m)	Período de Retorno (anos)	Total dos Danos (R\$)	Danos (R\$ / m <sup>2</sup> )
1983	15,34	23,4	77.401.959,51	91,87
1984	15,46	24,8	21.559.350,20	25,59
1992	12,80	7,1	4.130.776,02	20,06
2001	11,02	4,5	971.902,06	23,94
<b>Relação entre os danos de 1984 e 1983 (%)</b>				<b>27,9</b>

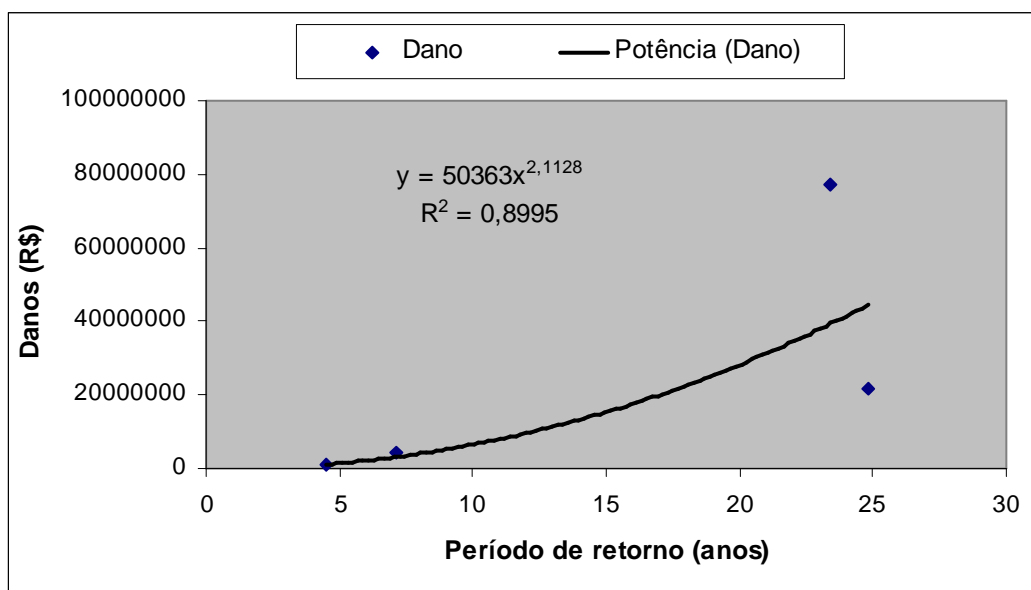


Figura 4 – Correlação entre os períodos de retorno e os danos nos anos de 1983, 1984, 1992 e 2001.



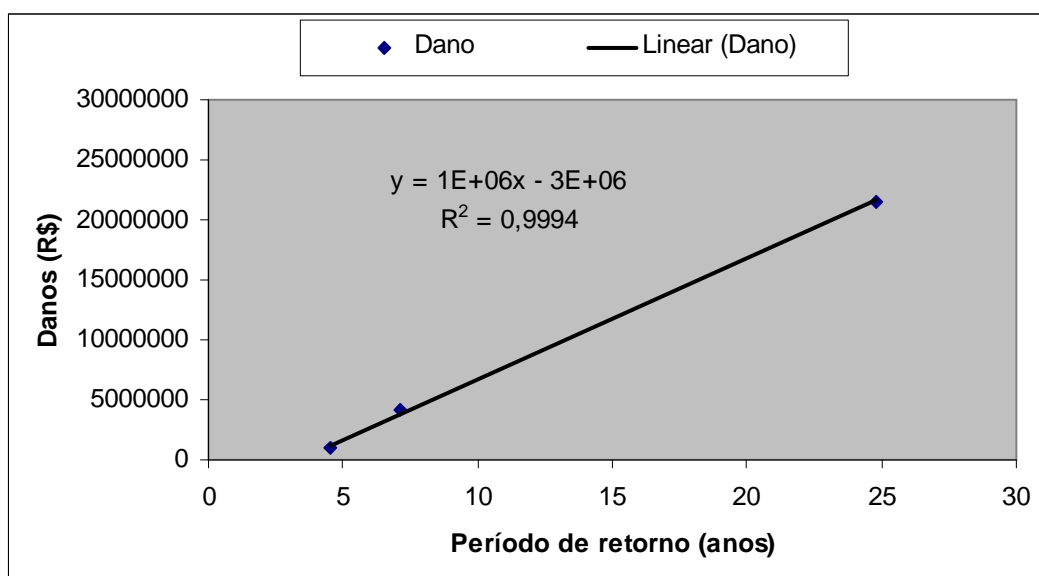


Figura 5 – Correlação entre os períodos de retorno e os danos nos anos de 1984, 1992 e 2001.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizada com os moradores apresentou um grande inconveniente na obtenção de dados entre o ano de 1983 até o momento da pesquisa, pois são decorridos de 25 anos e de 2001 são decorridos 7 anos. Isso trouxe evidentemente, apreensão dos pesquisadores e algumas deficiências na obtenção dos resultados. Contudo, a memória dos impactos sofridos pelas pessoas atingidas estava bem viva e dolorosamente relatada pelas mesmas, mas não foi o suficiente para garantir o resgate de um bom número informações dos danos sofridos por esses moradores.

Os resultados obtidos dos danos mostraram uma variabilidade muito grande para todos os eventos, mas de forma mais acentuada para os eventos de 1983 e 1984. Provavelmente isso se deve pelas características socioeconômicas das comunidades afetadas e as ações da Defesa Civil e dos próprios moradores.

Um dos aspectos positivos da pesquisa é a determinação de uma metodologia de apoio e alternativa para a estimativa de danos, sem a subjetividade inerente no uso do Formulário de Avaliação de Danos – AVADAN, do Ministério do Interior. Contudo, recomenda-se estender a pesquisa aos setores comerciais e públicos. Para contornar a grande defasagem temporal entre a ocorrência de inundações e a obtenção das entrevistas, recomenda-se aplicá-las poucos meses após, a ocorrência dos mesmos, visando eliminar incertezas inerentes ao processo.

## AGRADECIMENTOS

As seguintes entidades públicas pela disponibilização de recursos financeiros, oriundo do Edital Nº 01/2007 – Apoio a Projeto de Pesquisa: Fundação Fritz Muller – FFM; Universidade Regional de Blumenau – FURB; Prefeitura Municipal de Blumenau/Defesa Civil, aos acadêmicos e profissionais que dispuseram de seu tempo e experiências: Débora, Juliana, Iria, Karoline, Roberta, Lares, Marcelo, Salete e Vitor.

## BIBLIOGRAFIA

ABNT - NBR 12721 – “Critérios para avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios” – Procedimento. p. 1-61.

BRASIL (2007) – Ministério das Cidades – Secretaria de Programas Urbanos, Universidade Federal de Pernambuco, Coordenação de Educação a Distância, Grupo de Engenharia Geotécnica de Encostas e Planícies. “Gestão e mapeamento de riscos socioambientais”. Brasília, 193 p.

BUTZKE, Ivani C. (1995). “Ocupação de áreas inundáveis em Blumenau (SC)”. Rio Claro. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 246 p.

CANÇADO, Vanessa L.; BRASIL, Lucas S.S.; GUERRA, André; NASCIMENTO, Nilo de O. Análise de vulnerabilidade à inundação: estudo de caso da cidade de Manhuaçu, Minas Gerais. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, p 1-16.

CEOPS/IPA. “Relatório de cotas de enchente em cruzamentos da cidade”. Blumenau, mimeo. (sd), p. 65.

CORDERO, A. BUTZKE, I.C. (2005). “Cota-enchente para a cidade de Blumenau”. Dynamis, FURB, Blumenau, v. 3, n 12, p. 27-32.

COSTA, Helder e Teuber Wilfried (2001). “Enchentes no Estado do Rio de Janeiro – uma abordagem gera”l. Rio de Janeiro, SEMADS/GTZ, 160 p.

EM-DAT: “The OFDA/CRED International Disaster Database”, www.em-dat.net - Université Catholique de Louvain - Brussels – Belgium, acesso em 17/abr/2007.

FLOODsite (2007). “Evaluating flood damages: guidance and recommendations on principles and methods”. Report Number T09-06-01. [www.floodsite.net](http://www.floodsite.net). 178 p. Acesso em: 09/10/2008.

FRANK, Beate (2003). “Uma história das enchentes e seus ensinamentos”. In: FRANK, B., PINHEIRO A. *Enchentes na bacia do Itajaí: 20 anos de experiências*. Blumenau: Edifurb, p. 15 – 57.

HERMANN, Maria Lúcia de Paula (2001). “Levantamento dos desastres naturais causados pelas adversidades climáticas no Estado de Santa Catarina, período 1980 a 2000”. Florianópolis: IOESC, 92 p.

HILL, Manuela Magalhães, Hill, Andrew (2005). “Investigação por Questionário”. Edições Silabo, LDA., Lisboa, 2ª ed.

LIMA, Joélma Costa de (2003). “Avaliação dos riscos e danos de inundação e do impacto da adoção de medidas não-estruturais em Itajubá-MG”. Dissertação. Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais.

- MACHADO, Léa et al. (2005). “*Curvas de danos de inundação versus profundidade de submersão: desenvolvimento de metodologia*”. Rega – Revista de Gestão de Água da América Latina. V. 2, Nº 3. Porto Alegre, p. 32-52.
- MARCELINO, E. V., NUNES, L. H., KOBAYAMA, M. “*Banco de dados de desastres naturais: análise de dos globais e regionais*”. *Caminhos de Geografia* – revista on line, 6 (19), p. 130 - 149, set/2006a, <http://www.labhidro.ufsc.br>, acesso em 11/02/2007.
- MARCELINO, E. V., NUNES, L. H., KOBAYAMA, M. “*Mapeamento de risco de desastres naturais do estado de Santa Catarina*”. *Caminhos de Geografia* – revista on line, 8 (17), p. 72 - 84, fev/2006b, <http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>, acesso em 23/10/2006.
- McBEAN, E. A.; GORRIE, J.; FORTIN, M.; DING, J.; MOULTON, R. (1988). “*Flood depth-damage curves by interview survey*”. *Journal of Water Resources Planning and Management*, V. 114, Nº 6, p 613 – 634.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – MME (1987).; Departamento Nacional de águas e Energia Elétrica – DNAEE. “*Ação do DNAEE na área de recursos hídricos – região sul*”.
- MESSNER, Frank e MEYER, Volker (2005). Flood damage, vulnerability and risk perception – challenges for flood damage research. 24 p. [www.ufz.de/data/disk\\_papiere-2005-132647.pdf](http://www.ufz.de/data/disk_papiere-2005-132647.pdf). Acesso em: 28/10/2008.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) (2000). “*Risk analysis and uncertainty in flood damage reduction studies*”. National Academy Press, Washington, D. C. USA, 216 p.
- PMB - PREFEITURA MUNICIPAL DE BLUMENAU (1991). “*Plano diretor físico territorial de Blumenau*”, Blumenau/SC.
- \_\_\_\_\_ (2002). “*Plano Diretor de Defesa Civil*”, 147p.
- SC (1992). “*Plano global e integrado de defesa contra as enchentes*”. Estado de Santa Catarina - Gabinete do Vice-Governador,
- SEVERO Dirceu L. (1994). *Estudo de casos de chuvas intensas no estado de Santa Catarina*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 97p.
- SILVA, H. S. e D. L. Severo; O Clima. In: *Bacia do Itajaí: Aspectos Físicos e Biológicos*. Orgs: Juarês José Aumond, Adilson Pinheiro, Beate Frank. Blumenau: Edifurb, 2009. (no Prelo).
- PINHEIRO Adilson (1987). “*Mapeamento da área inundável de Blumenau – SC*”. In: *Seminário Internacional Estratégias e Ações Frente a Desastres Naturais*,. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento no Brasil. Anais, Salvador.
- TUCCI, C. E. M. (Organizador) (1993). *Hidrologia: ciência e aplicação*. Ed. Universidade/UFRGS, Porto Alegre, 943 p.
- TUCCI, C. E. M. (2000). *Controle de enchentes*. In: TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2. ed.; Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS/ABRH, p. 621-658.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. (1975). “*Hidrologia Aplicada*”. Editora McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 245 p.