

FRANCIELLE DA SILVA CARDOZO

**ANÁLISE DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÕES E  
ESCORREGAMENTOS NA BACIA DO RIO FORQUILHAS, SÃO  
JOSÉ / SC**

Florianópolis  
2009

**Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro de Filosofia e Ciências Humanas  
Programa de Pós-Graduação em Geografia**

**FRANCIELLE DA SILVA CARDOZO**

**ANÁLISE DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÕES E  
ESCORREGAMENTOS NA BACIA DO RIO FORQUILHAS, SÃO  
JOSÉ / SC**

**Orientadora: Dra. Maria Lúcia de Paula Herrmann**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

Área de concentração: Utilização e Conservação de Recursos Naturais

Florianópolis/SC, julho de 2009

# **ANÁLISE DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÕES E ESCORREGAMENTOS NA BACIA DO RIO FORQUILHAS, SÃO JOSÉ / SC**

**Francielle da Silva Cardozo**

Coordenadora: Dra. Magaly Mendonça

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, área de concentração Utilização e Conservação de Recursos Naturais, do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina, em cumprimento aos requisitos necessários à obtenção do grau acadêmico de Mestre em Geografia.

## **Banca Examinadora**

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria Lúcia de Paula Herrmann (Orientadora)

---

Prof. Dr. Joel Robert Georges Marcel Pellerin (UFSC)

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Edna Lindaura Luiz (UNESC)

Florianópolis-SC, 27 de julho de 2009

Dedico este trabalho à minha família, principalmente aos meus pais, Francisco e Elizete, pela compreensão, apoio, ajuda e amor.



## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por me dar saúde, paciência e coragem para concluir o mestrado.

O agradecimento mais importante é para os meus pais, que são tudo na minha vida. Ao meu pai, **Francisco Matias Cardozo**, pelo apoio e amor que sempre me deu, e a minha mãe **Elizete Maria da Silva**, também pelo incondicional apoio, amor e ajuda com as intermináveis impressões do trabalho. A eles, eu agradeço de coração por tudo de bom que eu tenho na minha vida, sem o qual eu não teria conseguido terminar a pesquisa. Às minhas irmãs, **Danielle Cardozo** e **Jacqueline Cardozo**, pela ajuda com cálculos, edições de fotos e pela grande torcida!

Ao **Eduardo Raul Balparda Fasola**, por me levar para tirar fotos da minha área de estudo, e principalmente pela amizade, carinho e apoio.

Meu agradecimento especial à minha orientadora **Maria Lúcia de Paula Herrmann**, por toda a ajuda prestada, pelos inúmeros ensinamentos e lições aprendidas, e especialmente pelas caronas!

Agradeço também especialmente ao professor **Joel Robert Georges Marcel Pellerin**, por sua ajuda sempre disponível e conhecimento prestado, e à professora **Edna Lindaura Luiz**, pelos conselhos e por sua válida contribuição na qualificação deste trabalho.

Minha gratidão eterna ao professor **Luiz Antônio Paulino**, por sua ajuda na preparação e correção dos erros da base cartográfica, e, principalmente, pelo carinho, pela amizade e pelos conselhos. Agradeço também imensamente ao **José Henrique Vilela**, pela paciência e grande ajuda na preparação da base cartográfica.

Agradecimento especial ao **José Renato Ramos**, engenheiro da prefeitura de São José, por me fornecer prontamente a base cartográfica, imprescindível na elaboração dos mapas desta pesquisa; ao **José Marcos Moser** do IBGE, pelo fornecimento de materiais cartográficos; e ao **Solismar Damé Prestes** do 8º DISME/INMET em Porto Alegre – RS, pela incrível disponibilidade em ajudar, me mandando os xérox dos pluviogramas pelo correio, sem me conhecer, e sem cobrar nada!

Ao agrônomo **Sérgio Shimizu** do IBGE, meu imenso agradecimento pelo apoio e ajuda com os trabalhos de campos, principalmente com as análises do solo.

Agradeço à **Renata Duzzioni**, na ajuda com a montagem das fotografias aéreas e por todas as sugestões, e ao **Alexandre Felix**, no importante fornecimento de bibliografias e materiais para a pesquisa.

Meu imenso agradecimento à minha grande amiga **Francine Gomes Sacco**, pela ajuda com o fornecimento dos dados de precipitação junto à EPAGRI/CIRAM, e principalmente por sua importante amizade e apoio!

À **Silvia Saito**, por toda a ajuda sempre disponível, principalmente no fornecimento de bibliografias, pelos conselhos e pela torcida.

Aos amigos de mestrado, **João Marcos Barreiros Joaquim**, **Fernando Pinto Ribeiro**, **Solange Wilvert**, **Fabiani Witt**, **Michelle Damásio**, **Raphaela de Toledo Desidério**, **Roberta Raquel**, **Graziela Maziero**, **Márcia de Vicente Cesa**, **Solange Francieli Vieira** e, novamente, à **Renata Duzzioni** e **Francine Gomes Sacco**, pelo apoio, pela torcida, pelas risadas e por me ouvirem!

À **CAPES**, pela concessão de um ano de bolsa, a qual foi imprescindível para o desenvolvimento e conclusão dessa pesquisa.

À **Defesa Civil do Estado de Santa Catarina**, pelo apoio na obtenção de materiais sobre os desastres ocorridos em minha área de estudo.

Aos amigos que já fazem parte da minha família, **Georgina Morelli Matos**, **Tiago Pereira**, **Eliete Maria Pereira**, **Edson Luís Pereira** e **Letícia Pereira**, pelas palavras de incentivo, pelo carinho e pelo apoio!

E, finalmente, agradeço ao **Gabriel Pereira**, pela ajuda em todos os aspectos de minha dissertação, principalmente com a revisão dos textos e com a confecção dos mapas, e, agradeço especialmente, pela sua paciência, pelo total apoio, pela ajuda incondicional e por seu grande amor, indispensáveis na finalização deste trabalho.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta dissertação, o meu muito obrigado!

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo principal analisar as áreas suscetíveis a inundações e escorregamentos da bacia do rio Forquilhas, localizada no município de São José, Santa Catarina. Para entender a origem dos eventos adversos que provocaram escorregamentos e inundações na área de estudo, foram analisados os totais horários e diários de precipitação, os totais das alturas das marés e o tipo de tempo atuante no momento. Ainda, foram analisados os aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, de declividade, das formas das encostas e do uso da terra que podem propiciar a ocorrência de inundações e escorregamentos, apoiados na interpretação das cartas digitais planialtimétricas, fotografias aéreas, imagens de satélites e trabalhos de campo. Para a confecção do mapa final das áreas suscetíveis a inundações, determinou-se a altura das inundações presentes na área de estudo de acordo com a análise das marcas de água e entrevistas dadas pelos moradores da bacia do rio Forquilhas. Desta forma, as diferentes alturas das inundações foram inseridas no mapa planialtimétrico, com curvas de nível a cada 1 metro, realizando, portanto, o mapeamento das possíveis áreas inundáveis. O mapa das áreas suscetíveis a escorregamentos foi originado a partir do cruzamento dos mapas temáticos de geologia, geomorfologia, solos, formas das encostas e declividade, onde para cada uma das características identificadas foram atribuídos valores (pesos) e para isso, utilizou-se a técnica AHP (Processo Analítico Hierárquico) implementada no SPRING. Os resultados das análises mostram que a área inundável da bacia do rio Forquilhas é de aproximadamente 6km<sup>2</sup>, abrangendo 1576 domicílios, espacialmente distribuídos pelas diferentes classes de suscetibilidade a inundações (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta). As áreas que possuem suscetibilidade nula a escorregamentos representam 24,80% da área total da bacia; os locais que apresentam suscetibilidade baixa e moderada totalizam 13,21% e 21,26% da área de estudo e abrangem 2833 e 3691 residências, respectivamente; a classe de suscetibilidade alta engloba a maior parte da área de estudo, com 33,84%, compreendendo 1.118 residências; por último, a classe muito alta totaliza 6,84% da área da bacia, não apresentando nenhuma residência, caracterizada principalmente pela limitação física que dificulta a instalação de casas naquelas regiões. Deste modo, aproximadamente 49,42% de um total de 24.227 residentes da bacia do rio Forquilhas estão instalados em áreas suscetíveis a escorregamentos. Entre 1980 e 2008, ocorreram 33 episódios de inundações e 11 episódios de escorregamentos na área de estudo, desabrigando 10.998 e provocando a morte de nove pessoas. Espera-se que esta pesquisa possa fornecer subsídios à tomada de decisão dos setores administrativos do município de São José, principalmente em relação à definição das prioridades, sobretudo aquelas ligadas a trabalhos de prevenção de desastres em áreas de riscos e direcionamento das ocupações para locais adequados, pois, periodicamente, as áreas mais suscetíveis da bacia do rio Forquilhas são impactadas pelas inundações e pelos escorregamentos.

Palavras-Chave: Desastres Naturais, Áreas Suscetíveis a Inundações e Escorregamentos, bacia do rio Forquilhas.

## ABSTRACT

The main objective of this work is to analyze the susceptible areas of flooding and landslides of the Forquilhas river basin, located in São José, Santa Catarina State. To understand the origin of the adverse events that caused landslides and floods in the study area, were analyzed the hourly and daily precipitation data, the heights of the tides data and the type of active weather in the moment. Also, were analyzed the geological, geomorphological, soil, declivity, slope forms and land use aspects that may facilitate the occurrence of landslides and floods, supported in the interpretation of digital planialtimetrics letters, aerial photographs, satellite images and work field. For the production of susceptible areas of floods final map, were determined the heights of floods in the study area, according to the analysis of the water traces and interviews given by the residents of the Forquilhas river basin. Thus, the different heights of the floods were inserted in the planialtimetric map, with curves at 1 meter each, making, therefore, the mapping of potential flood areas. The map of susceptible areas of landslides were originated by the intersection of the geology, geomorphology, soil, slope forms and declivity thematic maps, where each one of the identified characteristics had been attributed values (weights) and for that, was used the AHP (Analytic Hierarchical Process) technique, implemented in the SPRING. The results of the analysis show that the flooded areas of the Forquilhas river basin covers approximately 6 km<sup>2</sup>, with 1.576 houses spatially distributed in the different classes of flooding susceptibility (very low, low, medium, high and very high). The areas that have null susceptibility to landslides represents 24,80% of the basin total; the total numbers of places that have low and moderate susceptibility to landslides are 13,21% and 21,26% of the study area and covers 2.833 and 3.691 houses, respectively; the class of high susceptibility covers the most part of the study area with 33,84%, including 1.118 houses; and lastly, high class of landslides represents 6,84% of the total basin area, but not having any residence in this area, characterized mainly by physical limitation that difficult the building of houses in these regions. Consequently, approximately 49,42% of 24.227 residents of Forquilhas river basin are installed in susceptible areas of landslides. Between 1980 and 2008, were occurred 33 episodes of floods and 11 episodes of landslides in the study area, causing 10.998 homeless and 9 deaths. This research expect to provide decision-making support for administrative sectors of the São José council, mainly in priorities definitions, especially those related with disasters prevention works in risk areas, because, periodically, the most susceptible areas of the Forquilhas river basin are impacted by floods and landslides events.

Key-words: Natural Disasters, Susceptible areas of floods and landslides, Forquilhas river basin.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1.1: Localização da área de estudo. ....	25
FIGURA 3.1: Plano de Trabalho da Pesquisa. ....	92
FIGURA 4.1: Gráfico da Precipitação Anual de 1980 a 2008. ....	95
FIGURA 4.2: Gráfico da Precipitação Média Mensal de 1980 a 2008. ....	98
FIGURA 4.3: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Março de 1981. ....	101
FIGURA 4.4: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Janeiro de 1983. ....	102
FIGURA 4.5: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Dezembro de 1983. ....	103
FIGURA 4.6: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Agosto de 1984. ....	103
FIGURA 4.7: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Novembro de 1984. ....	104
FIGURA 4.8: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Fevereiro de 1985. .	105
FIGURA 4.9: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Outubro de 1986. ...	105
FIGURA 4.10: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Fevereiro de 1987. ....	106
FIGURA 4.11: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Dezembro de 1987. ....	107
FIGURA 4.12: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Março de 1988. ....	107
FIGURA 4.13: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Janeiro de 1989. ....	108
FIGURA 4.14: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Janeiro de 1990. ....	109
FIGURA 4.15: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Fevereiro de 1990. ....	110
FIGURA 4.16: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Novembro de 1991. ....	111
FIGURA 4.17: A) Encosta da localidade Jardim das Palmeiras onde ocorreu o escorregamento que destruiu uma casa e soterrou quatro, matando 7 pessoas, sendo 5 da mesma família, no dia 15 de novembro de 1991. B) Detalhe de uma casa que foi destruída pelo escorregamento da mesma encosta. ....	111
FIGURA 4.18: A) A tubulação não suportou a força d'água e destruiu o acesso dos dois lados do canal, que passa no setor esquerdo da foto. À direita, está o local onde ocorreu o escorregamento, bairro Jardim das Palmeiras. B) Foto atual (ainda sem o muro de contenção) do local que ocorreu o escorregamento em 1991. ....	112
FIGURA 4.19: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Janeiro de 1992. ....	113
FIGURA 4.20: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Julho de 1993. ....	113
FIGURA 4.21: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Outubro de 1993. ....	114
FIGURA 4.22: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Fevereiro de 1994. ....	115
FIGURA 4.23: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Março de 1994. ....	115
FIGURA 4.24: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Maio de 1994. ....	116

FIGURA 4.25: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Dezembro de 1994.	117
FIGURA 4.26: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Dezembro de 1995.	118
FIGURA 4.27: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Janeiro de 1997....	119
FIGURA 4.28: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Março de 2000.....	120
FIGURA 4.29: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Fevereiro de 2001.	121
FIGURA 4.30: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Setembro de 2001.	121
FIGURA 4.31: A e B) Vista parcial da inundação no bairro Flor de Nápoles no dia 30 de setembro de 2001. C) Altura da água em uma rua do bairro Flor de Nápoles.	122
FIGURA 4.32: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Outubro de 2001...	123
FIGURA 4.33: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Janeiro de 2004....	124
FIGURA 4.34: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Março de 2004.....	125
FIGURA 4.35: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Dezembro de 2004.	125
FIGURA 4.36: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Agosto de 2005. ...	126
FIGURA 4.37: Escorregamento ocorrido no dia 09 de agosto de 2005. A) Loteamento Jardim das Palmeiras. B) Bairro Forquilha. ....	127
FIGURA 4.38: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Janeiro de 2008....	128
FIGURA 4.39: A) Inundação no dia 31 de janeiro de 2008 na rua Antônio Jovita Duarte, bairro Forquilha. B) Inundação e altura das águas no bairro Forquilha.....	128
FIGURA 4.40: A) Inundação próxima a estrada geral de Potecas no dia 31 de janeiro de 2008. B): Famílias sendo retiradas da inundação, bairro Potecas. ....	129
FIGURA 4.41: Vista Panorâmica da inundação no dia 01 de fevereiro de 2008 através do rio Forquilha, bairro Flor de Nápoles. B) Transbordamento de canais de drenagem no dia 31 de janeiro de 2008 próximos ao rio Forquilha, bairro Flor de Nápoles. ....	129
FIGURA 4.42: Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Novembro de 2008.	130
FIGURA 5.1: Local onde foi feita a descrição do perfil do solo. ....	148
FIGURA 5.2: Cálculo da declividade. ....	150
FIGURA 5.3: Mapa do Uso da terra (1973) da bacia do rio Forquilha.....	155
FIGURA 5.4: Mapa do Uso da Terra (1985) da bacia do rio Forquilha.....	157
FIGURA 5.5: Mapa do Uso da Terra (1995) da bacia do rio Forquilha.....	158
FIGURA 5.6: Mapa do Uso da Terra (2008) da bacia do rio Forquilha.....	160
FIGURA 5.7: Mapa da Densidade Populacional da bacia do rio Forquilha. ....	161

FIGURA 5.8: Gráfico da Evolução nas Classes de Uso da Terra na bacia do rio Forquilhas (1973 – 2008). .....	162
FIGURA 6.1: Confluência do rio Forquilhas (a direita) com o rio Maruim (a esquerda).....	169
FIGURA 6.2: Transbordamento do rio Maruim em sua foz na Baía Sul, devido às chuvas intensas do dia 31 de janeiro de 2008. ....	170
FIGURA 6.3: Ponte baixa sobre o rio Forquilhas destacando a vegetação trazida pelas águas, prejudicando o escoamento. ....	170
FIGURA 6.4: Inundação no loteamento Ceniro Martins, bairro Potecas. ....	173
FIGURA 6.5: Rio Forquilhas próximo ao loteamento Ceniro. Detalhe para o canal retificado e encaixado, denotando uma preocupação com a mata ciliar que se encontra presente em grande parte do rio Forquilhas na média encosta. ....	173
FIGURA 6.6: Detalhe de um dos vários canais presentes no Loteamento Ceniro.....	174
FIGURA 6.7: A) Detalhe da tubulação que foi colocada sob a ponte para escoar as águas que passam pelos canais no Loteamento Ceniro. B) Maior detalhe da tubulação.....	174
FIGURA 6.8: A) Um dos locais mais impactados pelas inundações no Loteamento Ceniro. B) Testemunho da água que atingiu uma casa, Loteamento Ceniro. ....	175
FIGURA 6.9: Um dos vários canais que se encontram canalizados na área de estudo, bairro Forquilhaínas. ....	177
FIGURA 6.10: Pequeno comércio inserido sobre um dos canais. Segundo entrevista realizada por Souza (2006), o dono perdeu seu estabelecimento com a inundação de 1995, porém voltou a coloca-lo no mesmo lugar. ....	177
FIGURA 6.11: A) Afluente do rio Forquilhas, loteamento Jardim das Palmeiras, bairro Forquilhaínas. B) Mesmo afluente em área à jusante, já canalizado. ....	178
FIGURA 6.12: Nota-se uma pequena ponte sobre o canal para poder dar acesso à garagem da casa.....	178
FIGURA 6.13: Detalhe de outro canal presente no bairro de Forquilhaínas. ....	179
FIGURA 6.14: Planície do rio Forquilhas, que está passando ao fundo, bairro de Flor de Nápoles. ....	180
FIGURA 6.15: A e B) Casas construídas sobre pilotis para prevenir as inundações, bairro Flor de Nápoles.....	181

FIGURA 6.16: Altura das Inundações nos bairros Forquilha, Flor de Nápoles e Jardim Pinheiros.....	182
FIGURA 6.17: Urbanização inserida nas áreas suscetíveis a inundação na bacia do rio Forquilha.....	184
FIGURA 6.18: Carta Planialtimétrica da bacia do rio Forquilha destacando os locais mapeados propícios à ocorrência de escorregamentos. ....	188
FIGURA 6.19: Escorregamento reativado, bairro Jardim das Palmeiras. ....	189
FIGURA 6.20: A) Muro de contenção sendo construído para barrar o material proveniente do escorregamento, bairro Jardim das Palmeiras. B) Vista da parte de trás do muro. ....	190
FIGURA 6.21: Presença de um dos blocos de rocha que se encontram nessa encosta, notar que esse bloco se encontra bem perto do muro que ainda está em construção.....	190
FIGURA 6.22: A) Escorregamento próximo ao bairro Jardim das Palmeiras. B) Ponto abaixo do local onde ocorreu o escorregamento.....	191
FIGURA 6.23: A) Detalhe do tamanho de uma árvore que caiu no momento do escorregamento. B) Destaque da raiz da árvore envolta no colúvio. ....	192
FIGURA 6.24: Vala aberta por moradores do local para dar passagem a água em dias de chuva. ....	192
FIGURA 6.25: Detalhamento de um corte presente em uma das ruas próximas do local do escorregamento. ....	193
FIGURA 6.26: Localização de uma residência muito próxima a um corte. ....	194
FIGURA 6.27: Presença de ravinas antigas devido ao pisoteio do gado. ....	194
FIGURA 6.28: Detalhe da urbanização que vai se expandindo pelas encostas na bacia do rio Forquilha. ....	195
FIGURA 6.29: Detalhe encosta que possui 3 locais de escorregamentos. ....	195
FIGURA 6.30: A) Corte com a presença de um colúvio mais antigo, com solo argiloso e horizonte B textural. B) Detalhe do tamanho do maior dos 3 escorregamentos.....	196
FIGURA 6.31: Duas casas inseridas em um local perigoso devido ao corte com inclinação de 90° na encosta. ....	196
FIGURA 6.32: A) Casa inserida em um local propício a ocorrência de um escorregamento no bairro Potecas. B) Detalhe lateral da casa. ....	197



FIGURA 6.33: A) Área de empréstimo no bairro de Potecas. B) Decomposição esferoidal no granito.....	198
FIGURA 6.34: Material instável na vertente devido a sua retirada.....	198
FIGURA 6.35: A) Residências localizadas muito próximas das paredes das encostas. B) Ponto acima da foto anterior, mostrando outra residência muito próxima de uma encosta.....	199
FIGURA 6.36: Blocos-diagramas da bacia do rio Forquilhas. A) Visão sentido sul-norte. B) Visão sentido norte-sul. ....	203
FIGURA 6.37: Blocos-diagramas da bacia do rio Forquilhas. A) Visão sentido oeste-leste. B) Visão sentido leste-oeste. ....	204
FIGURA 6.38: A) Ocupações inadequadas nas encostas, bairro Forquilha. B) Vista parcial da urbanização localizada na planície de inundação do rio Forquilha.....	206
FIGURA 6.39: A, B, C e D) Ocupações inadequadas em vários locais das encostas do bairro Forquilha.....	207
FIGURA 6.40: A, B e C) Detalhe das ocupações localizadas nas encostas do bairro Forquilha.....	208

## LISTA DE MAPAS

MAPA 1: Mapa Planialtimétrico da bacia do rio Forquilha.....	26
MAPA 2: Mapa Hipsométrico da bacia do rio Forquilha .....	27
MAPA 3: Mapa Geológico da bacia do rio Forquilha .....	138
MAPA 4: Mapa Geomorfológico da bacia do rio Forquilha.....	140
MAPA 5: Mapa das Formas das Encostas da bacia do rio Forquilha.....	143
MAPA 6: Mapa de Solos da bacia do rio Forquilha .....	146
MAPA 7: Mapa de Declividade da bacia do rio Forquilha.....	152
MAPA 8: Mapa das Áreas Suscetíveis a Inundações da bacia do rio Forquilha.....	172
MAPA 9: Mapa das Áreas Suscetíveis a Escorregamentos da bacia do rio Forquilha.....	200

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: População Urbana e Rural do Município de São José .....	29
TABELA 2: Registro dos Desastres Naturais Ocorridos na bacia do rio Forquilhas, São José – SC (1980 – 2008). .....	94
TABELA 3: Totais Mensais de Precipitação (1980 – 2008).....	96
TABELA 4: Índices Pluviométricos Diários Relacionados aos Meses em que Ocorreram Desastres (Inundações e Escorregamentos) na Área de Estudo (1980 – 2008). .....	100

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: Pesos para os Mapas Temáticos.....	88
QUADRO 2: Pesos para as Classes do Mapa Geológico. ....	88
QUADRO 3: Pesos para as Classes do Mapa das Forma das Encostas.....	88
QUADRO 4: Pesos para as Classes do Mapa Geomorfológico. ....	89
QUADRO 5: Pesos para as Classes do Mapa de Solos. ....	89
QUADRO 6: Pesos para as Classes do Mapa de Declividade.....	89
QUADRO 7: Classes de Suscetibilidade a Escorregamentos na bacia do rio Forquilhas.....	91
QUADRO 8: Síntese dos Episódios Climáticos Ocorridos na bacia do rio Forquilhas.....	132
QUADRO 9: Análise de Frequência das Chuvas nos dias em que Ocorreram Inundações e Escorregamentos na bacia do rio Forquilhas de 1980 a 2008.....	134
QUADRO 10: Classes de Declividade.....	151
QUADRO 11: Síntese Temática: Correlação e Compartimentação Geoambiental da bacia do rio Forquilhas.....	164

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP – *Analytic Hierarchy Process* (Processo Hierárquico Analítico)  
AVADAN – Formulários de Avaliação de Danos  
CCM's – Complexos Convectivos de Meso Escala  
CIRAM – Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina  
CODAR – Codificação de Desastres, Ameaças e Riscos  
COHAB/SC – Companhia de Habitação do Estado de Santa Catarina  
DEDC/SC – Departamento Estadual de Defesa Civil de Santa Catarina  
DNOS – Departamento Nacional de Obras e Saneamento  
ECP – Estado de Calamidade Pública  
EEM – Energia Eletro Magnética  
ENOS – *El-Niño* Oscilação Sul  
EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina  
FPA – Frente Polar Atlântica  
GEDN – Grupo de Estudos de Desastres Naturais  
GIS – *Geographic Information System*  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IDH – Índice de Desenvolvimento Humano  
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas  
JTS – Jato Subtropical  
mEc – Massa Equatorial Atlântica  
MDT – Modelo Digital de Terreno  
MNT – Modelo Numérico de Terreno  
mPa – Massa Polar Atlântica  
mTa – Massa Tropical Atlântica  
mTc – Massa Tropical Continental  
NR – Nível de Redução  
PI – Plano de Informação  
PMSJ – Prefeitura Municipal de São José  
REM – Radiação Eletro Magnética  
SE – Situação de Emergência

SEPLAN – Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Urbano e Social

SIG's – Sistemas de Informação Geográficas

ONU – Organização das Nações Unidas

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

VC – Vórtice Ciclônico

ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul

# SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>1. APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>23</b>
1.1 Localização da Área de Estudo .....	24
1.2 Breve Histórico da Ocupação do Município de São José .....	28
1.3 Caracterização dos Aspectos Naturais da Área de Estudo.....	31
1.3.1 Geologia e Geomorfologia .....	31
1.3.2 Solos .....	35
1.3.3 Hidrografia .....	37
1.3.4 Clima.....	38
1.3.5 Vegetação.....	44
<b>1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA.....</b>	<b>46</b>
1.4.1 Objetivo Geral .....	46
1.4.2 Objetivos Específicos.....	46
<b>2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DA PESQUISA .....</b>	<b>47</b>
2.1 Bacia Hidrográfica.....	47
2.2 Conceitos Referentes a Riscos, Perigos, Eventos e Desastres Naturais.....	50
2.3 Vulnerabilidade e Suscetibilidade .....	56
2.4 Áreas de Risco e Expansão Urbana .....	60
2.5 Movimentos de Massa .....	62
2.6 Enchentes e Inundações.....	68
2.7 Mapeamento de Áreas Suscetíveis a Inundações e Escorregamentos .....	72
2.8 Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento .....	76
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>79</b>
3.1 Levantamento e Sistematização de Dados e Materiais Cartográficos .....	79
3.1.1 Dados dos Desastres Ocorridos na bacia do rio Forquilhas .....	79
3.1.2 Totais de Precipitação Diários e Horários .....	80

3.1.3 Dados de Maré.....	80
3.1.4 Base Cartográfica .....	81
3.1.5 Fotos Aéreas.....	81
3.1.6 Imagens de Satélite .....	81
3.2 Trabalhos de Campo.....	82
3.3 Trabalhos de Escritório .....	82
3.3.1 Programas Utilizados.....	82
3.3.2 Pré-Processamento dos Dados .....	83
3.3.3 Mapa Planialtimétrico.....	83
3.3.4 Mapa Hipsométrico e de Declividade.....	84
3.3.5 Mapa Geológico .....	85
3.3.6 Mapa Geomorfológico.....	85
3.3.7 Mapa das Formas das Encostas.....	85
3.3.8 Mapa de Solos .....	86
3.3.9 Mapa de Uso da Terra de 1973 a 2008 .....	86
3.3.10 Mapa das Áreas Suscetíveis a Inundações .....	87
3.3.11 Mapa das Áreas Suscetíveis a Escorregamentos.....	87
3.3.12 Uso da Técnica AHP.....	89

#### **4. ANÁLISE DOS DESASTRES NATURAIS OCORRIDOS NA BACIA DO RIO FORQUILHAS DE 1980 a 2008..... 93**

4.1 Eventos Adversos Ocorridos na bacia do rio Forquilhas, no Município de São José de 1980 a 2008 .....	93
4.2 Análise da Precipitação Diária Relacionada aos Meses em que Ocorreram Desastres Naturais (Inundações e Escorregamentos) na bacia do rio Forquilhas.....	99
4.3 Análise de Frequência das Chuvas .....	133

#### **5. DISCUSSÃO DOS ASPECTOS NATURAIS E DE USO DA TERRA RELACIONADOS À OCORRÊNCIA DE INUNDAÇÕES E ESCORREGAMENTOS..... 137**

5.1 Aspectos Geológicos .....	137
5.2 Aspectos Geomorfológicos .....	139

5.3 Formas das Encostas .....	142
5.4 Aspectos Pedológicos.....	144
5.4.1 Perfil de Solos.....	147
5.4.1 Descrição do Perfil do Solo.....	147
5.5 Declividade .....	150
5.6 Evolução do Uso da Terra de 1973 a 2008.....	154
<b>6. ÁREAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÕES E ESCORREGAMENTOS NA BACIA DO RIO FORQUILHAS.....</b>	<b>167</b>
6.1 Áreas Suscetíveis a Inundações.....	167
6.2 Áreas Suscetíveis a Escorregamentos .....	186
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>210</b>
7.1 Recomendações para Trabalhos Futuros.....	214
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>215</b>

## INTRODUÇÃO

O processo de expansão urbana que se intensificou no Brasil em meados da década de 70 ocasionou a ocupação de áreas de risco, tais como as zonas de encostas declivosas e de planícies de inundação. Essas ocupações ocorrem muitas vezes sem infra-estrutura e geram degradações sociais e modificações ambientais, tais como: o desmatamento de encostas, a impermeabilização do solo, a retificação de canais, a supressão da mata ciliar, o aterro em áreas de mangues e banhados, entre outros, o que propicia o surgimento de novas áreas de riscos

Aliado ao crescimento urbano, outros fatores peculiares do Estado de Santa Catarina auxiliam no aumento dos problemas causados pelas inundações e pelos escorregamentos, como o clima tropical e subtropical, que geram altos índices pluviométricos, e a presença de elevados e extensos maciços montanhosos.

As principais causas da expansão urbana são os processos demográficos naturais ou migrações para áreas urbanas, herança cultural, influência do sistema viário, entre outras, cujas consequências são sentidas na economia, na qualidade de vida e no ambiente em que se vive (GOYA, 1999).

Muitos dos desastres naturais que ocorrem em várias partes do globo geram danos físicos, sociais e econômicos de grandiosas magnitudes, principalmente em países que possuem dificuldades econômicas, a exemplo das inundações que ocorreram na Indonésia em 1992, com 77 mortos, no México em 1993, com 27 mortos e 1.000 desalojados, no Equador em 1993, com 70 mortos, e na Venezuela em 1999, onde se estima de 15.000 a 50.000 mortos e 81.000 feridos. Estes casos podem ser classificados como catástrofes com grandes danos materiais e perdas de vidas (EM-DAT, 2005).

Na tentativa de solucionar ou amenizar problemas relacionados às áreas que estão em situações de riscos, tem sido desenvolvidos cada vez mais estudos sobre áreas suscetíveis a inundações e escorregamentos, como também a realização de inúmeros Congressos, Simpósios e Seminários, entre outros eventos, tendo por objetivo analisar as causas e as consequências dos desastres naturais. Esta preocupação pode ser verificada pelo desenvolvimento do Programa das Nações Unidas, que designou a década de 90 como o Decênio para redução dos desastres



naturais, significando o esforço mundial pela busca de alternativas de redução dos desastres e de suas consequências.

O Estado de Santa Catarina merece destaque e atenção especial no que se refere à ocorrência de eventos naturais extremos, principalmente decorrentes das fortes chuvas. A região Sul do Brasil é uma área de passagem de Frentes Frias em frontogênese, o que proporciona mudanças bruscas de tempo e notáveis desvios pluviométricos anuais. Nas estações de primavera e verão, os índices pluviométricos vinculam-se aos sistemas de frentes estacionárias e em descontinuidade, e durante as estações de outono e inverno, os sistemas frontais à superfície e os vórtices ciclônicos podem provocar chuvas violentas ao longo de toda a costa, que conseqüentemente agravam-se com o efeito orográfico (HERRMANN org., 2005).

O Estado de Santa Catarina também é afetado por episódios pluviais irregulares decorrentes do fenômeno *El Niño* que provoca, em determinados períodos, chuvas intensas que podem agravar a situação frente aos riscos naturais. Na medida em que os problemas ambientais se multiplicam nas áreas urbanizadas do município de São José, torna-se necessário à realização de estudos que contribuam na melhoria da relação homem e meio físico, evitando-se o agravamento da situação provocada pelo uso indiscriminado da terra.

O processo de expansão urbana no município de São José advém da proposta do governo do Estado na década de 60, com a criação de conjuntos habitacionais para a população de baixa renda, disponibilizadas para suprir a demanda do uso residencial, mesmo que determinados locais não sejam propícios a essa finalidade.

O crescimento urbano nessa época também esteve ligado com a implantação da BR 101, que propiciou a abertura de loteamentos perpendiculares à rodovia, maior circulação de mercadorias e expansão do comércio local, e na medida em que evoluíam os aspectos sociais, econômicos e culturais, também aumentavam os problemas relacionados ao inadequado uso da terra e à infra-estrutura urbana, passando a interferir na qualidade de vida e no bem estar das pessoas (HERRMANN, 1999).

De acordo com o levantamento dos desastres naturais no Estado de Santa Catarina, elaborado por Herrmann org., (2005), e com a atualização até o ano de 2008, ocorreram no município de São José 23 episódios de inundações bruscas, 10 de inundações graduais e 11 de escorregamentos, representando um dos municípios mais impactados pelos desastres naturais, com um total de 44 ocorrências ao longo de 28 anos. Estas ocorrências afetaram especialmente os bairros localizados na bacia do rio Forquilhas, destacando-se as inundações de novembro de 1991, dezembro de 1995 e janeiro de 2008.

O município de São José, principalmente a área da bacia do rio Forquilhas, possui características físicas que limitam as ocupações urbanas, apresentando muitas áreas suscetíveis a escorregamentos e inundações, originadas principalmente por episódios pluviais intensos.

Desta maneira é de grande importância o desenvolvimento da pesquisa na bacia hidrográfica do rio Forquilhas, direcionada na identificação das áreas que possuem fatores condicionantes a ocorrência de inundações e escorregamentos, as quais apresentam fragilidades físicas naturais frente às ocupações urbanas. Para isso, a pesquisa concentrou-se na elaboração do mapeamento das áreas que possuem características físicas propícias à ocorrência de inundações e escorregamentos, principalmente na área urbana, já que a mesma encontra-se em intenso processo de ocupação nas baixas encostas e nas áreas de planície.

De modo geral, a expansão da ocupação humana provoca o aumento da probabilidade de eventos naturais causarem desastres. Ideal seria que esta expansão sempre ocorresse de forma orientada, não implicando em riscos à população. Com este objetivo deveriam ser apresentadas alternativas para a ocupação de áreas de acordo com o tipo e o grau dos riscos observados.

A pesquisa caracteriza-se como um levantamento inicial das áreas suscetíveis a inundações e escorregamentos na bacia do rio Forquilhas, e espera-se poder servir de base para trabalhos futuros e fornecer subsídios aos setores administrativos do município de São José, em relação à definição das prioridades e às tomadas de decisões, principalmente aquelas ligadas a trabalhos de prevenção de desastres em áreas de riscos e direcionamento das ocupações para locais

adequados, já que, periodicamente, os bairros mais suscetíveis da bacia do rio Forquilhas são impactados pelas inundações e pelos escorregamentos.

## **1. APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

Para analisar as áreas suscetíveis a inundações e escorregamentos na bacia do rio Forquilhas, a presente dissertação foi elaborada em sete capítulos.

O primeiro capítulo faz uma apresentação da área de estudo, mostrando a localização, o histórico da ocupação do município de São José e da bacia do rio Forquilhas, a caracterização dos aspectos naturais da área de estudo e os objetivos gerais e específicos do trabalho.

Os fundamentos da pesquisa, como bacia hidrográfica, conceitos referentes a riscos, perigos, eventos e desastres naturais, assim como considerações sobre os movimentos de massa, as enchentes e inundações, as áreas de risco e expansão urbana, a vulnerabilidade e a suscetibilidade, o sensoriamento remoto, o geoprocessamento e os métodos de mapeamento de áreas suscetíveis a inundações e escorregamentos são apresentados no capítulo dois.

No terceiro capítulo são descritos os procedimentos metodológicos, como o levantamento e a sistematização de dados e materiais cartográficos, os trabalhos de campo e de escritório e a compilação dos resultados.

O capítulo quatro apresenta a análise dos desastres naturais ocorridos em São José no período de 1980 a 2008, enfatizando os eventos adversos ocorridos e a análise de frequência das chuvas.

A discussão dos aspectos naturais e de uso da terra relacionados à ocorrência de inundações e escorregamentos, como os aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, das formas das encostas, da declividade e da evolução do uso da terra de 1973 a 2008 é feita no capítulo cinco.

A avaliação das áreas suscetíveis a inundações e escorregamentos na bacia do rio Forquilhas é apresentada no capítulo seis.

Finalmente, no capítulo sete, são feitas as considerações finais e as recomendações para trabalhos futuros.

### **1.1 Localização da Área de Estudo**

O município de São José localiza-se nas coordenadas geográficas 27° 36' 55" Latitude sul e 48° 37' 39" Longitude oeste, distante 10 km da capital, com uma área de 113,6 Km<sup>2</sup>. Faz divisa com os municípios de Biguaçu ao norte, Palhoça ao sul, Santo Amaro, São Pedro de Alcântara e Antônio Carlos a oeste e Florianópolis e oceano Atlântico a leste.

A bacia do rio Forquilhas (figura 1) faz parte da vertente do Atlântico e está situada integralmente no município de São José, nos paralelos 27° 31' / 27° 35' de latitude Sul e entre os meridianos 48° 38' / 48° 44' de Longitude Oeste de Greenwich. O rio Forquilhas é afluente do rio Maruim pela margem esquerda e se desenvolve no sentido geral Noroeste-Sudeste. Possui extensão de 12 km (quilômetros), apresentando uma área de 52,47 km<sup>2</sup> (quilômetros quadrados) e representa o principal sistema de drenagem que banha o município de São José.

Como mostram os mapas 1 e 2, a bacia do rio Forquilhas é composta basicamente pelos bairros Forquilhas, Forquilha, Flor de Nápoles, Picadas do Sul e Potecas, onde as maiores altitudes chegam a 515 metros, localizadas no alto vale.

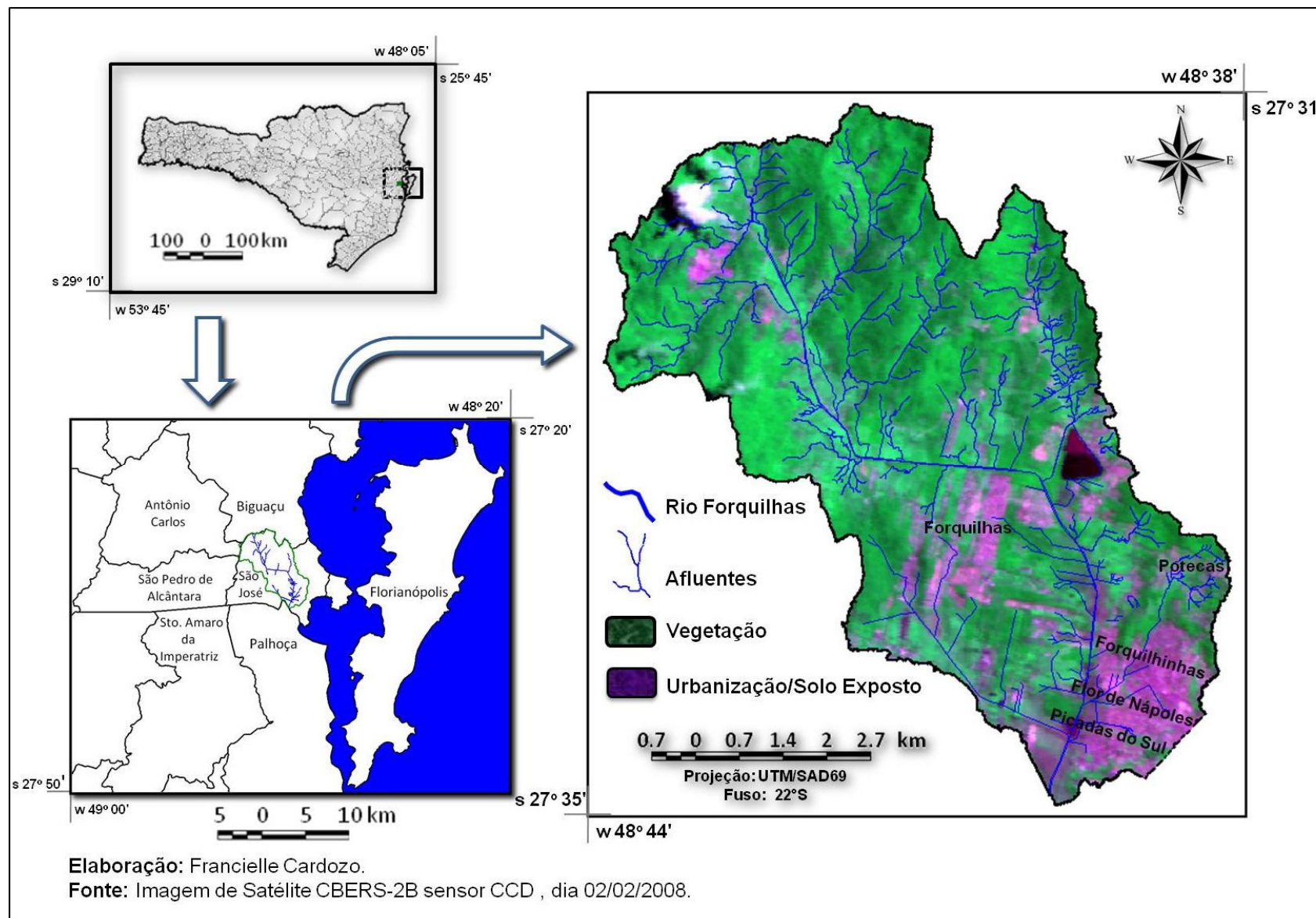
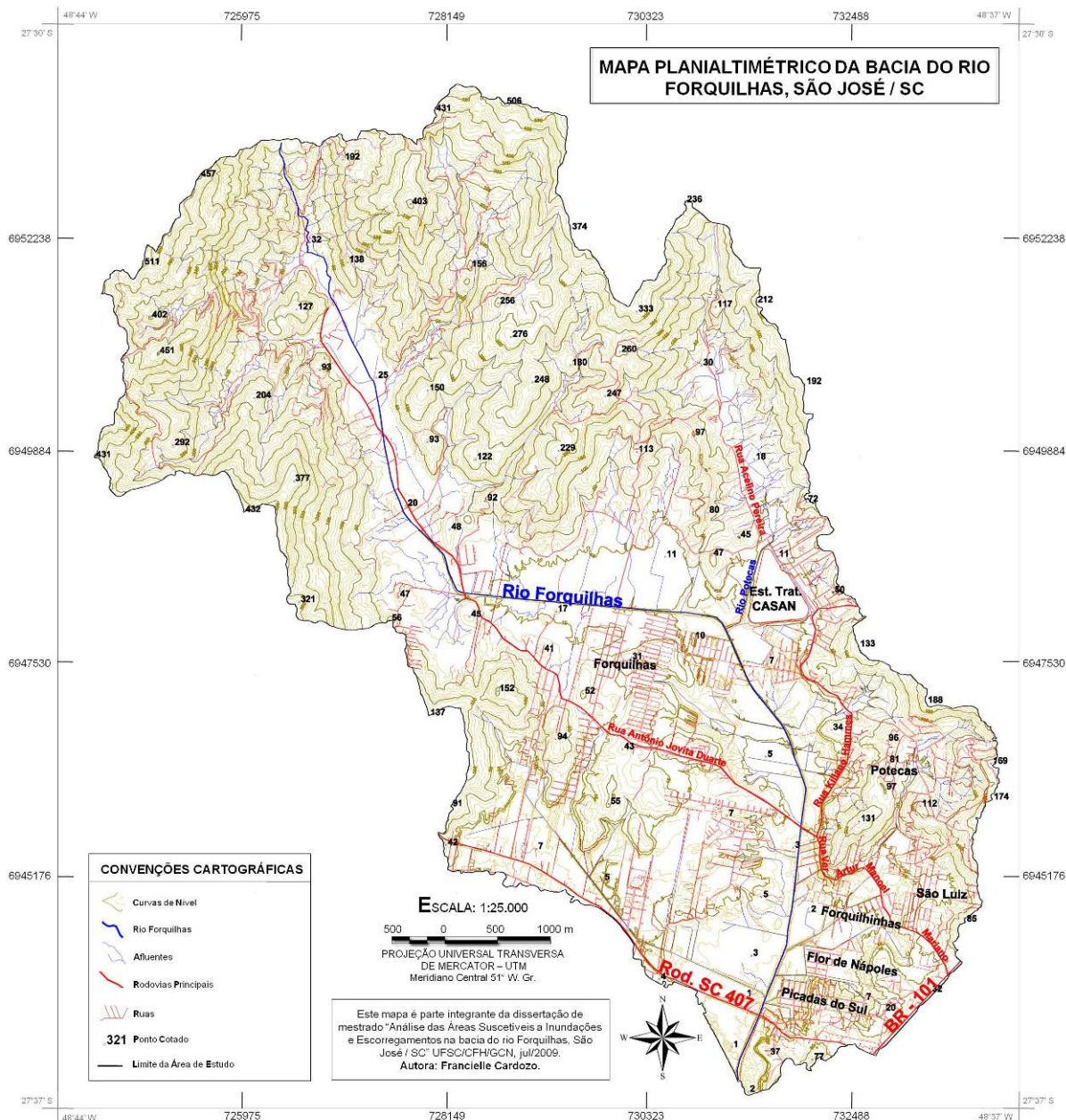


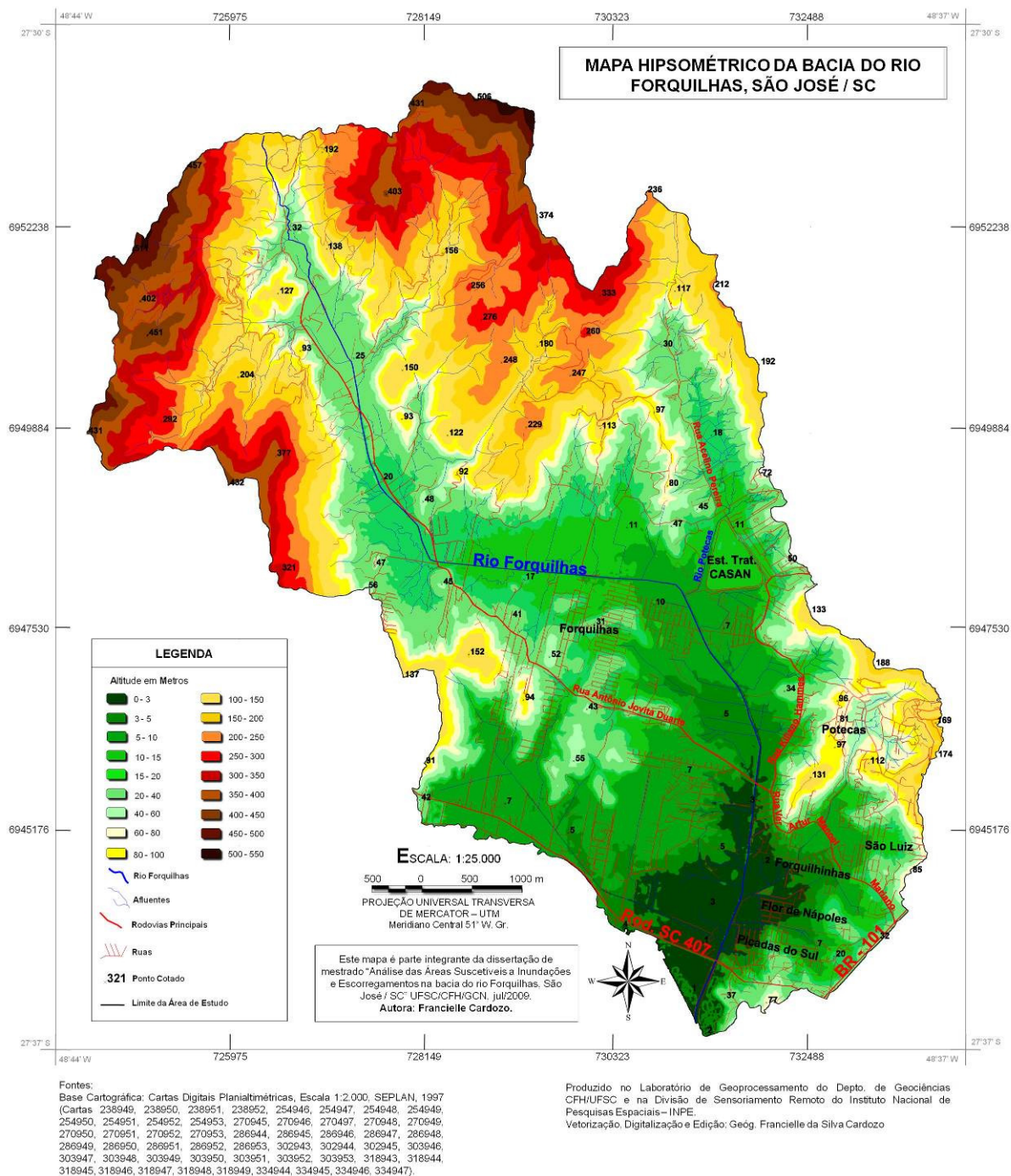
Figura 1.1: Localização da área de estudo.



Fontes:  
Base Cartográfica: Cartas Digitais Planialtimétricas, Escala 1:2.000, SEPLAN, 1997  
(Cartas 238949, 238950, 238951, 238952, 254946, 254947, 254948, 254949, 254950, 254951, 254952, 254953, 270945, 270946, 270947, 270948, 270949, 270950, 270951, 270952, 270953, 286944, 286945, 286946, 286947, 286948, 286949, 286950, 286951, 286952, 286953, 302943, 302944, 302945, 303946, 303947, 303948, 303949, 303950, 303951, 303952, 303953, 318943, 318944, 318945, 318946, 318947, 318948, 318949, 334944, 334945, 334946, 334947).

**Mapa 1:** Mapa Planialtimétrico da bacia do rio Forquilha.  
(Mapa reduzido a partir da versão impressa desta dissertação).





**Mapa 2:** Mapa Hipsométrico da bacia do rio Forquilha.  
 (Mapa reduzido a partir da versão impressa desta dissertação).

## 1.2 Breve Histórico da Ocupação do Município de São José

O município de São José foi colonizado em 26 de outubro de 1750, por 182 casais açorianos, vindos das Ilhas Graciosa, São Miguel e São Jorge, além de receber em 1829, o primeiro núcleo de colonização alemã do Estado. Através da lei Provincial nº 415, é elevado à cidade, sendo um dos municípios mais populosos e ricos da província naquela época (IBGE, 1957).

A população açoriana original de São José foi de aproximadamente 338 pessoas, localizando-se inicialmente no entorno da Praça da Igreja Matriz e ao longo do litoral, para o norte e sul da freguesia. Foram ocupando lentamente o vale do rio Maruim e seus afluentes, bem como os bairros da Praia Comprida, Roçado, Capoeiras, Coqueiros, Barreiros e Estreito (CORRÊA, 2004).

O município de São José atualmente é composto hoje por três Distritos, o Distrito Sede, o Distrito de Barreiros e o Distrito de Campinas. O Distrito de Barreiros é composto pelos bairros Serraria, Areias, Real Parque, Jardim Santiago, Jardim Cidade de Florianópolis, Pedregal, Ipiranga, Bela Vista, Nossa Senhora do Rosário e Barreiros; o Distrito de Campinas é composto pelos bairros Kobrasol e Campinas; e o Distrito Sede é composto pelos bairros Colônia Santana, Sertão do Maruim, Forquilhas, Forquilha, Potecas, Flor de Nápoles, Picadas do Sul, Bosque das Mansões, São Luiz, Roçado, Praia Comprida, Centro, Fazenda Santo Antônio e Ponta de Baixo (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ, 2007).

Com uma área total de 113,6 km<sup>2</sup>, São José passou de 136.293 habitantes em 1991 para 196.887 em 2007, segundo a última estimativa do Censo do IBGE em 2007. Esse crescimento populacional provocou um aumento de 144% em 16 anos, e esta expansão populacional gerou uma densidade demográfica de mais de 1.730 Hab/Km<sup>2</sup>, a segunda maior do Estado, estando à frente de Florianópolis e perdendo apenas para Balneário Camboriú, com sua área urbanizada ocupando mais de 90% do total de seu território.

Este crescimento urbano acelerado esteve ligado à explosão urbana de Florianópolis a partir da década de 60, onde a construção da BR-101, a criação da Universidade Federal de Santa Catarina e campanhas de divulgação turística



fizeram aumentar a procura por imóveis, sendo que grande parte dessa população optou pelo continente, em áreas pouco valorizadas, por terem pouco poder aquisitivo (PELUSO JR, 1991).

A partir da década de 70, o crescimento populacional do município também foi facilitado pelo início de um processo de industrialização, incentivado pela política econômica do Governo Federal, que privilegiou o desenvolvimento industrial e a agricultura de exportação, estimulando ainda mais o movimento migratório da população rural para os centros urbanos (HERRMANN, 1999). Estes fatos podem ser verificados na série histórica registrada na tabela 1.

**Tabela 1:** População Urbana e Rural do Município de São José

	<b>População Urbana (Total)</b>	<b>População Urbana (%)</b>	<b>População Rural (Total)</b>	<b>População Rural (%)</b>
<b>1960</b>	4.347	13,94	26.845	86,06
<b>1970</b>	29.363	69,03	13.172	30,97
<b>1980</b>	79.200	90,19	8.617	9,81
<b>1991</b>	136.293	92,03	11.118	7,97
<b>2001</b>	173.559	98,67	2.329	1,33

**Fonte:** Censos do IBGE dos anos de 1960, 1970, 1980, 1991 e 2001

Como mostra a tabela 1, na década de 60 a população rural de São José estava concentrada em mais de 86% no município, enquanto que a população urbana era de apenas 14%. A partir da década de 70 a população urbana passou a ocupar as maiores parcelas de São José, estando sua área urbanizada em mais de 90% do total do município atualmente. Este aumento populacional, principalmente nas áreas urbanas, se deu por fatores já mencionados como a construção da BR 101 e o início do processo de industrialização no município. Porém, ressalta-se que entre 1960 e 1970, o município de São José perdeu os Distritos de Garcia, Angelina e Rancho Queimado, e em 1994 houve o desmembramento do município de São Pedro de Alcântara, fatores que contribuíram para diminuir ainda mais a população rural do município.

Ainda na década de 1970 e na década de 1980, o aumento populacional também esteve associado ao setor secundário do município, quando muitos estabelecimentos industriais foram implantados, principalmente ao longo do traçado da Rodovia BR 101, e este incremento do setor secundário ocorreu devido ao fato

de que a capital do Estado sofria com as limitações físicas para expansão de sua economia, forçando assim a ocupação de áreas vizinhas (FERREIRA, 1994).

Com isso, o aumento da população levou ao adensamento da ocupação em diferentes bairros, no qual zonas rurais próximas a BR 101 foram transformadas em áreas urbanas, e esse foi o caso da área estudada. Souza (2006) realizou algumas entrevistas no bairro Forquilha, na qual as informações de que as famílias que ocuparam o local no início do século foram os Roecker, os Santos e os Gerlack. Segundo informação verbal do Senhor Valmir Roecker, essas famílias se instalaram nas partes baixas do bairro, onde possuíam criação de gado e cavalo, e nessa época já sofriam com o problema das inundações, que ocorriam constantemente, pois no local haviam banhados, formados pelo leito meandrante do rio Forquilha (SOUZA, 2006).

Segundo Farias (1999), a criação do bairro Forquilha foi estimulado pela construção de um grande loteamento da COHAB/SC (Companhia de Habitação do Estado de Santa Catarina) na década de 70, incentivados por fatores já mencionados, como a criação do Distrito Industrial e a proximidade da BR 101.

O loteamento inicial de Forquilha foi seguido por outros, como o de Picadas do Sul, Picadas do Norte, Jardim das Palmeiras e Flor de Nápoles. As ocupações foram promovidas pelo poder público e também foram ocorrendo de forma espontânea, nas encostas e áreas rurais próximas (SOUZA, 2006). Segundo o censo do IBGE (2000), residem 3.209 pessoas bairro Flor de Nápoles, 7.745 em Forquilha, 11.772 em Forquilha, 3.642 em Picadas do Sul e 3.120 em Potecas.

Atualmente São José possui população total de 196.887 pessoas segundo o último censo preliminar do IBGE (2007). Não sendo possível obter mais informações sobre esse censo, foi utilizado o último censo oficial do IBGE (2000), no qual dos 173.559 habitantes que residiam naquela época, 171.230 moravam na área urbana e 2.329 na área rural.

São José possui o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,849, um número considerado elevado, relacionado principalmente à educação, já que o município possui uma grande rede de estabelecimento de ensino com mais de 42.000 alunos matriculados e no setor da saúde, possuindo 6 hospitais e mais de

1.500 leitos. Em relação ao saneamento básico, possui mais de 49.000 casas ligadas à rede geral, com banheiro e lixo coletado, porém, ainda possui mais de 1.500 casas que retiram a água de poços ou nascentes, quase 200 residências sem banheiro e quase 1.100 casas de onde o lixo não é coletado (ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO DO BRASIL, 2000).

O município possui um grande e variado número de empresas e oferece boa infra-estrutura para a população. A base de sustentação da economia Josefense está fundamentada no comércio, indústria, atividade de prestação de serviços, pesca artesanal, maricultura e produção de cerâmica utilitária. Possui mais de 1.200 indústrias, cerca de 6.300 estabelecimentos comerciais, 4.800 empresas prestadoras de serviços e 5.300 autônomos, apresentando ainda um enorme potencial turístico, histórico, cultural e arquitetônico (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ, 2007).

### **1.3 Caracterização dos Aspectos Naturais da Área de Estudo**

#### **1.3.1 Geologia e Geomorfologia**

O estudo da geologia é de grande importância no conhecimento das áreas suscetíveis a escorregamentos, pois auxilia na identificação da resistência dos terrenos, principalmente quando está relacionado com o uso e ocupação pela população. A geologia está relacionada com outros aspectos, portanto também é importante a análise da mesma em conjunto com a geomorfologia e com os solos.

A área de estudo insere-se em dois tipos de Domínios Morfoestruturais: o do Embasamento Cristalino, formado por rochas metamórficas, granitos e diabásios e o da Cobertura Sedimentar Quaternária, constituída por depósitos inconsolidados ou fracamente consolidados de areias, silte, argila e conglomerado (FERREIRA, 1994).

De acordo com Pires et al. (1995) e Pires (2000), a geologia da área de estudo é caracterizada por seis unidades litoestratigráficas, a Suíte Intrusiva São Pedro de Alcântara, a Suíte Intrusiva Pedras Grandes e o Complexo Granito-Gnáissico, inseridos no Domínio do Embasamento Cristalino; e os Depósitos Aluvionares, os Depósitos Colúvio-Alúvio-Eluviais e os Depósitos Síltico-argilosos de Baias e Lagunas, inseridos no Domínio da Cobertura Sedimentar Quaternária.

A Suíte Intrusiva São Pedro de Alcântara possui corpos de dimensões variáveis, desde pequenos "stocks" até grandes batolitos, predominando os litotipos de composição granítica, granodiorítica e quartzo-monzonítica, de coloração cinza claro a cinza escuro, com estrutura maciça a lineada, inequigranulares a porfíricos, apresentando idades em torno de 600 M.A; a Suíte Intrusiva Pedras Grandes possui corpos graníticos homogêneos, não deformados, com variação de textura, cor e granulação, e granodioritos e quartzo-monzonitos, de coloração rosa a cinza clara, com granulação variável de fina a grossa, textura equigranular a porfírica, apresentando idades em torno de 550 M.A; e o Complexo Granito-Gnáissico é formado pela associação de rochas gnáissicas, graníticas e migmatíticas polifásicas, de natureza intermediária a ácida, resultante da fusão parcial de ortognaisses, com injeção de magmas graníticos, apresentando estrutura maciça ou lineada, possuindo, de modo geral, composição granítica, coloração acinzentada e granulação variável entre fina e grosseira (FERREIRA, 1994; PIRES et al.; 1995; PIRES, 2000).

Os Depósitos Aluvionares das baixas encostas são constituídos por areias, cascalheiras e sedimentos síltico-argilosos, inconsolidados, depositados nas planícies de inundação, nos terraços e nas calhas da rede fluvial atual; os Depósitos Colúvio-Alúvio-Eluviais são caracterizados por locais dispostos em forma de rampa, possuindo deposição de sedimentos coluviais e eluviais, inconsolidados e com tamanhos granulométricos variados. Basicamente são formados por sedimentos areno-argilosos, com grânulos e seixos com litologias quartzíticas predominantes, sendo depositados em fluxos de regimes torrenciais (HERRMANN, 1999), constituídos, geralmente, por uma alternância de níveis ou lentes arenosas e argilosas, mal selecionados, com a presença frequente de horizontes de seixos e calhaus, os quais se tornam mais expressivos próximos às áreas fontes; e os Depósitos Síltico-argilosos de Baías e Lagunas são representados por areias síltico-argilosas, inconsolidadas, mal selecionadas, com laminação plano-paralela incipiente, com cores em tons de cinza a creme, ricas em matéria orgânica e de origem flúvio-lagunar. Geralmente são oriundas do assoreamento de lagunas costeiras ou estão associadas às baías (FERREIRA, 1994; PIRES et al.; 1995; PIRES, 2000).

A atividade mineral na área de estudo constitui-se na produção de brita e saibro, que são agregados para a construção civil, sendo que na bacia do rio Forquilhas existem duas empresas em atividade, a Saibrita Mineração e Construção LTDA., que possui registro de licença e explora o granito em uma área de 39.95 Ha (hectares) na localidade de Forquilhas, e a empresa Valdir Nilo Nardes – ME, que possui registro de licença e explora o saibro em uma área de 9.07 Ha na localidade de Potecas (PIRES, 2000).

O estudo da geomorfologia possibilita a análise detalhada das diferentes feições e modelados do relevo, auxiliando, assim, na identificação das áreas suscetíveis a escorregamentos e inundações. A geomorfologia da bacia do rio Forquilhas é destacada pelas elevações rochosas da unidade geomorfológica Serras do Leste Catarinense e pelas áreas sedimentares planas da unidade geomorfológica Planícies Costeiras.

No Domínio do Embasamento Cristalino está inserida a Unidade Geomorfológica Serras do Leste Catarinense, constituída por sequências de elevações dispostas paralelamente ou sub-paralelamente, com cristas orientadas preferencialmente no sentido NE/SW, com altitudes que atingem até 515 metros na área de estudo, e à medida que essas serras se aproximam da linha de costa, se apresentam mais baixas. No Domínio Morfoestrutural Cobertura Sedimentar Quaternária está inserida a Unidade Geomorfológica Planícies Costeiras, que são extensões de terrenos modelados em sedimentos arenosos e argilo-arenosos, apresentando formas planas ou rampeadas, com níveis de cascalhos depositados durante episódios de oscilações marinhas do Quaternário (HERRMANN, 1999; FERREIRA, 1994; ROSA, 1995).

Na Unidade Geomorfológica Serras do Leste Catarinense, estão inseridos os Modelados de Dissecação, que segundo Rosa (1995, p.15) “são resultantes de processos erosivos ligados à dinâmica fluvial e/ou pluvial, sendo classificados de acordo com a forma de relevo dominante”.

Na área de estudo são encontrados três tipos de modelados de dissecação: Modelado de Dissecação em Montanha, Modelado de Dissecação em Outeiro (Morraria) e Modelado de Dissecação em Colina. O Modelado de Dissecação em

Montanha possui altimetria superior a 200 metros, apresentando vales bem encaixados, com topos convexo-côncavos e vertentes com diferentes graus de inclinação, já bastante dissecadas e com patamares e ombreiras originadas do trabalho erosivo; o Modelado de Dissecação em Outeiro são elevações em forma de morros com encostas côncavas, possuindo a presença de vales encaixados e altitudes em torno de 100 a 200 metros; e o Modelado de Dissecação em Colina apresenta vales pouco encaixados e abertos e altitudes baixas, em torno de 100 metros, sendo constituído por elevações em forma de colinas com encostas convexizadas (HERRMANN, 1999; FERREIRA, 1994; ROSA, 1995).

Na Unidade Geomorfológica Planícies Costeiras estão inseridos os Modelados de Acumulação, que segundo Rosa (1995, p.16) “são identificados de acordo com os processos genéticos e os ambientes de deposição, cujas características se traduzem em facilidade ou obstáculos à sua ocupação”. Os diversos tipos de modelados de acumulação que compõem essa unidade geomorfológica pertencem ao Compartimento das Planícies Marinhas e de Maré, que abrangem o conjunto de formas do relevo que estão associados aos sedimentos transportados e depositados sob o regime fluvial e por ação de ondas e correntes (HERRMANN, 1999; FERREIRA, 1994; ROSA, 1995).

Na área de estudo são encontrados três tipos de modelados de acumulação: Modelado de Acumulação Planície Flúvio-Marinha, Modelado de Acumulação Terraço Fluvial e Modelado de Acumulação Rampas Colúvio-Eluviais. O Modelado de Acumulação Planície Flúvio-Marinha são áreas planas, resultante de processos fluviais associados à dinâmica marinha, sujeita a inundações periódicas, podendo se apresentar dissecadas devido às mudanças no nível de base e consequentes retomadas erosivas; o Modelado de Acumulação Terraço Fluvial é caracterizado por possuir superfícies planas com pequena inclinação para a rede fluvial atual ou sub atual, possuindo rupturas de declive em relação ao leito do rio e das várzeas; e o Modelado de Acumulação Rampas Colúvio-Eluviais são superfícies rampeadas, constituídas basicamente por sedimentos areno-argilosos com grânulos e seixos de litologias predominantemente quartzíticas, que são depositados em fluxos de regime torrencial (HERRMANN, 1999; FERREIRA, 1994; ROSA, 1995).

### 1.3.2 Solos

O estudo e análise dos solos também são importantes na pesquisa referente às áreas suscetíveis aos escorregamentos, principalmente na busca da identificação da espessura das camadas, que podem promover a saturação ou a retenção da água. Segundo IBGE (2004), seguindo a classificação proposta pela EMBRAPA (1979), ocorrem na área de estudo quatro tipos de solos, o ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, o CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico, o CAMBISSOLO FLÚVICO Tb Distrófico e o GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico. A sigla Tb significa que o solo possui argila de atividade baixa.

O ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (PVAd) compreendem solos constituídos por material mineral, que possuem como características diferenciais argila de atividade baixa e horizonte B textural (Bt). Parte dos solos desta classe apresenta um evidente incremento no teor de argila, com ou sem decréscimo do horizonte B para baixo no perfil. São de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas, e mais raramente, brunadas ou acinzentadas. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, encontrados em relevo suave ondulado, relevo forte e ondulado e relevo ondulado (da MATA, 1999).

Na área de estudo esse solo está subdividido em mais três tipos, chamados de PVAd9, PVAd14 e PVAd17, de acordo com as mudanças nas características de cada um. Todos eles possuem o nome de ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico Típico, sendo que o PVAd9 possui como características o horizonte B textural, textura média/argilosa, com horizonte A moderado, encontrados em relevo ondulado e suave ondulado + CAMBISSOLO FLÚVICO Tb Distrófico Gleico, que possui textura média/argilosa, horizonte A moderado e encontrados em relevos suave ondulado. O PVAd14 são caracterizados pelo horizonte B textural, textura média/argilosa pouco cascalhenta, horizonte A moderado e proeminente + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico Típico, textura argilosa a pouco cascalhenta, horizonte A moderado a proeminente, encontrados em locais de relevo forte ondulado. Por último, o PVAd17 possui horizonte B textural, textura média pouco cascalhenta/argilosa pouco cascalhenta, horizonte A moderado + CAMBISSOLO

HÁPLICO Tb Distrófico Típico, com textura argilosa pouco cascalhenta, horizonte A moderado, encontrados em relevo ondulado (da MATA, 1999).

O CAMBISSOLO FLÚVICO Tb Distrófico (CUbd) compreende solos constituídos por material mineral com argilas de atividade baixa, possuindo textura siltosa e argilosa, com horizonte A moderado e proeminente, encontrados em locais de relevo suave ondulado e plano (da MATA, 1999).

Na área de estudo esses solos se subdividem em mais três tipos, o Cubd2, CUbd3 e CUbd7, de acordo com algumas características distintas. O CUbd2 é chamado de CAMBISSOLO FLÚVICO Tb Distrófico gleico e típico, possuindo textura argilosa e média, horizonte A moderado e proeminente, encontrados em relevo plano e suave ondulado. O CUbd3 é chamado de CAMBISSOLO FLÚVICO Tb Distrófico gleico e típico, possuindo textura argilosa e média, horizonte A moderado e proeminente, encontrados em relevo suave ondulado e ondulado. Por fim, o CUbd7 é chamado de CAMBISSOLO FLÚVICO Tb Distrófico gleico, possuindo textura média, horizonte A moderado, encontrados em relevo plano e suave ondulado + GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico Típico, possuindo textura média e argilosa, horizonte A proeminente e moderado, encontrados em locais de relevo plano (da MATA, 1999).

O CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (CXbd) compreende solos constituídos por material com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial. Devido à heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas, as características destes solos variam muito de um local para outro. Assim, a classe comporta desde solos fortemente até imperfeitamente drenados de rasos a profundos, possuindo cor bruna ou bruno-amarelada até vermelho escuro, de alta a baixa saturação por bases e atividade química da fração coloidal, encontrados em relevo montanhoso e forte ondulado. Na área de estudo ele se subdivide em CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico Típico (CXbd21), possuindo textura argilosa pouco cascalhenta, horizonte A moderado e proeminente + ARGISSOLO VERMELHO Distrófico Típico, que possui horizonte B textural, textura média/argilosa pouco cascalhenta, horizonte A moderado e proeminente + ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico Típico, possuindo



textura média/argilosa pouco cascalhenta, horizonte A moderado e proeminente, encontrados em relevo montanhoso e forte ondulado (da MATA, 1999).

O GLEISSOLO Háptico Tb Distrófico (GXbd) compreende solos hidromórficos, constituídos por material mineral que apresentam horizonte glei dentro dos primeiros 50 cm da superfície. Os solos desta classe são permanentemente ou periodicamente saturados por água. Caracterizam-se pela forte gleisação devido ao regime de umidade que se processa em meio anaeróbico, com muita deficiência ou mesmo ausência de oxigênio, devido ao encharcamento do solo por longo período ou durante o ano todo. O processo de gleisação implica na manifestação de cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas, devido a compostos ferrosos resultantes de escassez de oxigênio causada pelo encharcamento, encontrados em relevo plano. Na área de estudo ele se subdivide em GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico (GXbd1), possuindo textura média e argilosa, horizonte A moderado e proeminente, encontrados em locais de relevo plano (da MATA, 1999).

### **1.3.3 Hidrografia**

A hidrografia de Santa Catarina é dividida entre dois sistemas de drenagem, que são o sistema integrado da vertente do interior, onde comanda a bacia Paraná-Uruguaí e o sistema da vertente Atlântica, formado por um conjunto de bacias autônomas.

A bacia do rio Forquilhas faz parte do sistema da vertente Atlântica, que drena para o litoral, sendo afluente do rio Maruim pela margem esquerda e se desenvolve no sentido geral Noroeste-Sudeste. Os rios da Vertente atlântica possuem características de menor caudal, apresentando um perfil longitudinal acidentado, tendo em seu curso cascatas e corredeiras nas partes elevadas e meandros nas áreas com baixos valores hipsométricos. São comandados pelo regime pluviométrico, caracterizados pelas chuvas distribuídos durante todo o ano (SANTA CATARINA, 1997).

O rio Forquilhas possui extensão de 12 km e apresenta área de 52,47 km<sup>2</sup>. Está inserido integralmente no município de São José e representa o principal sistema de drenagem que banha o distrito. Apresenta-se retificado em sua maior extensão, sendo que seus afluentes também foram sendo retificados e atualmente

encontram-se em sua maioria canalizados, principalmente nas áreas mais urbanizadas da bacia.

#### 1.3.4 Clima

O clima é formado pela dinâmica dos sistemas atmosféricos com seus respectivos tipos de tempo. No Estado de Santa Catarina, o relevo, a altitude, a continentalidade e a maritimidade são os fatores que apresentam maior interação com os sistemas atmosféricos tornando-os estáveis ou instáveis, e a influência desses fatores determinam as variações climáticas locais (MONTEIRO E MENDONÇA, 2005).

Com as informações climatológicas e dinâmicas do Brasil Meridional, a Região Sul do Brasil está inserida, segundo os critérios de Strahler (1965), no grupo de *Climas Controlados por Massas de Ar Tropicais e Polares* e mais diretamente ao tipo dos *Climas Úmidos das Porções Orientais e Subtropicais dos Continentes Dominados Largamente por Massas Tropicais Marítimas* (MONTEIRO, 1968).

Santa Catarina está submetida a muitos sistemas atmosféricos que atuam no Brasil durante o ano. Os sistemas atmosféricos instáveis, geralmente, estão inseridos nas massas de ar quentes e úmidas onde o tempo, normalmente, é chuvoso e as temperaturas são estáveis. Os sistemas estáveis são representados pelas altas pressões atmosféricas ou anticiclones, e como o ar descendente é comprimido e aquecido, a formação de nuvens e a precipitação tornam-se difíceis e por isso os anticiclones são geralmente associados a tempo “bom” (MONTEIRO E MENDONÇA, 2005).

No litoral, a Massa Polar Atlântica (mPa), a Frente Polar Atlântica (FPA), e a Massa Tropical Atlântica (mTa) alternam-se durante todo o ano, predominando a mTa. A FPA atua principalmente no inverno, recuando para o extremo sul do continente no verão, e as massas Equatorial Continental (mEc) e Tropical Continental (mTc) aparecem no verão.

A mTc origina-se na estreita zona baixa, quente e árida, a leste dos Andes e ao sul do Trópico (NIMER, 1979), e enquanto a mTc estiver atuando, o ar continuará seco e a persistência dessa estabilidade resulta em estiagens, principalmente no

interior da Região Sul. A maior abrangência da mTc sobre Santa Catarina ocorre com a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) instalada sobre a Região Sudeste.

A mTa tem estrutura semelhante a mTc, e com origem na região marítima quente do Atlântico Sul, apresentando-se mais úmida. Em seu centro, essa massa de ar é muito estável devido à forte subsidência; já na sua periferia, especialmente no leste da Região Sul, a subsidência se eleva acima de 1.500 metros (NIMER, 1979), o que favorece a formação de nuvens cumulus com pancadas isoladas de chuva, mesmo no período noturno.

A mEc desloca-se do norte amazônico e atinge a região Centro-Oeste, a Sudeste e os Estados do Sul. Essa massa está sempre ligada às áreas de baixas pressões atmosféricas, atingindo a região através dos grandes cavados que ligam as frentes sobre o Oceano Atlântico a outras áreas de baixas pressões. Quando as condições do tempo estão sob domínio dessa frente o ar fica mais úmido, com formações de nebulosidades acompanhadas de fortes trovoadas e rajadas de vento, contribuindo com os elevados índices pluviométricos registrados no verão (MONTEIRO E FURTADO, 1995).

As massas continentais quentes são empurradas no começo do outono devido ao início das incursões polares. A partir dessa época, a mPa começa o seu deslocamento para o norte, trazendo com ela a FPA, constituindo nesse período ondas de frio pioneiras, e a maior continentalidade das frentes polares originam os baixos índices de precipitação verificados na região Sul.

Na região Sul existem outros sistemas que modificam significativamente as condições de tempo, entre eles, a frente fria e o vórtice ciclônico (VC). A frente fria é o sistema atmosférico que mais interfere nas condições de tempo na Região Sul. Entretanto, no verão o continente sul americano fica aquecido e, em algumas situações sinóticas, a Argentina apresenta temperaturas mais elevadas do que o Brasil. Isto dificulta as frentes frias se organizarem sobre o continente, tornando-as mais ativas sobre o Oceano Atlântico (UVO, 1998).

O VC se propaga, geralmente, desde o Oceano Pacífico, cruza os Andes e frequentemente causa ciclogênese dando origem a baixas pressões à superfície.

Esse fenômeno, via de regra, ocorre sobre o litoral (SILVA DIAS e MARENGO, 2002), é muito instável e favorece a ocorrência de temporais com chuva forte em curto espaço de tempo, ventos com rajadas fortes e granizo. Esse tipo de tempo resulta em inundações bruscas, assoreamento e mesmo escorregamentos, principalmente quando o solo já se encontra úmido de chuvas anteriores.

A interação das frentes na superfície com o Jato Subtropical (JTS) em altos níveis também pode influenciar os climas locais ocasionando a intensificação das precipitações (INAZAWA, 1997). O jato subtropical atua bloqueando o deslocamento das frentes frias, tornando-as estacionárias e elevando os totais de precipitação local. Embora ocorram constantes passagens de frentes frias e outros sistemas produtores de chuva, a quantidade de precipitação é mais baixa em todas as regiões catarinenses (MONTEIRO E MENDONÇA, 2005).

Os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM's) são aglomerados de nuvens convectivas, aproximadamente circulares, que se formam durante a madrugada sobre o Paraguai e norte da Argentina, deslocando-se posteriormente para leste e atingindo a Região Sul do Brasil (SILVA DIAS e MARENGO, 2002). O tempo associado aos CCM's é muito instável com presença de muitas nuvens onde predominam os cumulonimbus e nimbostratus. As chuvas são em forma de pancadas e ocorrem com frequência temporais com chuvas intensas, ventos com rajadas fortes e granizo isolado.

As precipitações em Santa Catarina podem ser modificadas quando há interferências do fenômeno *El Niño*-Oscilação Sul (ENOS). Ele pode influenciar no ritmo climático de uma região em sua fase positiva (*EL Niño*) e na sua fase negativa (*La Niña*), podendo causar mais precipitações e estiagens respectivamente. O ENOS ao atuar no ritmo de deslocamento das frentes, também influencia nas temperaturas que tendem a apresentarem-se mais altas em anos de *El Niño* e mais baixas em anos de *La Niña* (PHILANDER, 1990).

O fenômeno *El Niño* está associado ao enfraquecimento dos ventos alísios e caracterizado pelo aquecimento da água superficial do Pacífico Tropical (Temperatura da Superfície do Mar – TSM) onde as pressões atmosféricas diminuem em relação à normal (índice de Oscilação Sul – IOS). Em anos de *El Niño*

o Jato Subtropical torna-se mais intenso devido ao aumento do gradiente térmico entre o Equador e os pólos, bloqueando os sistemas frontais que permanecem estacionários sobre Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Tais bloqueios causam aumento da precipitação na primavera do ano de início do *El Niño* e no outono e inverno do ano seguinte, principalmente nas áreas costeiras (CLIMERH, 1999b *apud* HERRMANN org., 2005).

A *La Niña*, ao contrário, caracteriza-se pelo resfriamento das águas superficiais do Pacífico Tropical e aumento na intensidade dos alísios, os quais atingem velocidades acima da média climatológica. A diminuição da TSM e o aumento da pressão atmosférica geram diminuição da Convecção Tropical e mudança na circulação em grande escala. No Sul do Brasil, verifica-se uma tendência à diminuição da precipitação nos meses de junho a dezembro do ano de início do fenômeno (GRIMM et al., 1998).

### **Anos de *El Niño* na Área de Estudo**

Os anos em que ocorreram o fenômeno *El Niño* no período estudado (1980 – 2008) foram 1982-1983, considerado como excepcional; 1986-1987, de menor intensidade e de 1990 a fevereiro de 1994, o mais longo evento dos últimos anos.

O episódio de 1982-1983 afetou várias regiões do mundo, e no Brasil ocorreram secas no Nordeste e parte da Amazônia e chuvas intensas no sul do país, originando inundações em vários Estados. Em Santa Catarina, a maioria dos municípios foi atingida por pelo menos dois episódios de inundações, com um total de 197.770 desabrigados e 49 mortos. As cidades localizadas na bacia do rio Itajaí foram as mais castigadas. As anomalias da temperatura da superfície do mar em julho de 1983 chegaram a 5° e as precipitações estiveram associadas a sistemas frontais que permaneceram durante longo tempo e com muita atividade na região Sul (CAVALCANTI, 1996 *apud* HERRMANN, 1999). Na bacia do rio Forquilhas, o episódio do *El Niño* causou chuvas excepcionais nos meses de janeiro e dezembro de 1983, com valores mensais de 292,9 mm e 279,2 mm, o que favoreceu a ocorrência de inundações bruscas e graduais respectivamente.

Durante o episódio de 1986-1987, as condições do fenômeno se iniciaram em janeiro de 1987, no qual os ventos de oeste, mais fortes que o normal, se

desenvolveram sobre a América do Sul subtropical durante o mês de maio, sendo que os meses de abril, maio e junho foram bastante chuvosos nos Estados da Região Sul (CAVALCANTI, 1996 *apud* HERRMANN, 1999). Durante o mês de maio, 32 municípios do Estado, localizados nas regiões Serrana, Norte e Oeste, foram atingidos por inundações, quando o episódio do *El Niño* foi classificado como de baixa intensidade, desabrigando 3.356 pessoas e deixando 5 mortos (HERRMANN, 1999). Na área de estudo ocorreram inundações graduais em fevereiro, causando a morte de uma pessoa, e inundações bruscas em dezembro.

O episódio do *El Niño* de 1990 a 1994 começou a apresentar anomalias positivas de forma mais intensa em meados de 1991 (CAVALCANTI, 1996 *apud* HERRMANN, 1999). Na região Sul, houveram precipitações excessivas originadas pela passagem de sistemas frontais, intensificados por um Jato Subtropical, ocasionando inundações em 77 municípios das regiões Norte e Oeste e no Vale do Itajaí, deixando 144.419 desabrigados e 16 mortos (HERRMANN, 1999). Na área de estudo o *El Niño* ocorreu nos meses de janeiro e fevereiro de 1990, ocasionando inundações e escorregamentos nos dois episódios; em novembro de 1991, ocasionando inundações de Calamidade Pública e escorregamentos, deixando 3.500 desabrigados e 7 mortos; janeiro de 1992 causando inundações; julho e outubro de 1993, originando inundações e escorregamentos no primeiro episódio e inundações no segundo; e em 1994 ocorrendo em 4 meses, em fevereiro, ocasionando inundações e escorregamentos, tendo sido decretado Estado de Calamidade Pública, com 377 desabrigados e 2 mortes, e em março, maio e dezembro, causando inundações.

### **Dinâmicas Atmosféricas por Estações do Ano**

No verão, as massas de ar tornam-se mais aquecidas e passam a predominar na Região Sul do Brasil. A convecção tropical, processo originado pelo calor, é a maior responsável pela mudança nas condições diárias de tempo. Há dias em que a passagem de frentes frias intensificam a convecção tropical, gerando tempestades com fortes chuvas e rajadas de vento. Porém, há dias em que o forte calor associado à baixa umidade dificulta a formação de nuvens, e esse tipo de tempo ocorre sob influência de massa de ar seco, como a Tropical Continental (mTc), que inibe o avanço de sistemas produtores de chuva (MONTEIRO, 2001).

No outono podem ocorrer as primeiras incursões de massas de ar frio após a passagem de frentes frias. Mas, nessa época do ano é também comum a formação de bloqueios atmosféricos que impedem o avanço das frentes frias para menores latitudes, sendo que em Santa Catarina a mTc e a mTa passam a dominar as condições atmosféricas mantendo o tempo estável com presença de poucas nuvens, sem chuva e temperaturas elevadas, caracterizando um pequeno verão denominado “veranico”, principalmente no mês de maio (MONTEIRO e FURTADO, 1995).

O rompimento do bloqueio atmosférico ocorre quando uma massa de ar frio de forte intensidade cruza os Andes nas proximidades de 32° de latitude Sul (MONTEIRO e FURTADO, 1995). Nesse caso, a frente fria avança pelo Sul do Brasil, e quando chega a Santa Catarina, causa pancadas de chuvas com trovoadas, sendo frequente a ocorrência de temporais isolados com ventos fortes, especialmente quando há um vórtice ciclônico. Como a massa de ar frio é muito intensa, provoca queda significativa na temperatura, favorecendo episódios de geadas nas áreas mais altas do Estado.

A frente fria é um dos sistemas atmosféricos mais importantes na distribuição da precipitação em Santa Catarina nesta época do ano, pois com sua passagem ocorrem ventos do quadrante sul, declínio significativo nas temperaturas e também na umidade do ar, devido ao avanço da massa de ar fria sobre o continente.

No inverno as condições do tempo são influenciadas por sucessivas massas de ar polar provenientes do continente antártico. O ar frio é trazido pela aproximação de anticiclones que se deslocam sobre a Argentina em direção à Região Sul do Brasil, ocasionando tempo estável, com predomínio de céu claro e acentuado declínio na temperatura. Os sistemas frontais à superfície e os vórtices ciclônicos em altitude são os principais responsáveis pelas precipitações nesse período (MONTEIRO, 2001).

A primavera é a estação do ano que apresenta períodos de tempo muito instável nos meses de setembro e outubro e outros mais estáveis em novembro. As frentes frias já deixam de ser mais continentais e passam mais pelo Atlântico em deslocamento para menores latitudes (OLIVEIRA, 1986; RODRIGUES, 2003). Além das frentes frias, os CCM's apresentam grande frequência nessa época do ano,

favorecendo a ocorrência de pancadas de chuva forte com trovoadas e granizo isolado (MONTEIRO, 2001).

As precipitações mais significativas na bacia do rio Forquilhas ocorrem no verão com valores que variam de 1.500 a 1.900 mm, onde o trimestre mais chuvoso é janeiro, fevereiro e março, com os máximos registrados em janeiro (625,0 mm). As temperaturas são elevadas no verão, chegando a 27° em São José e no litoral, com as máximas absolutas em torno de 40°. As temperaturas começam a cair em março e abril, onde as mínimas ocorrem no mês de julho com valores em torno de 16,6° C e as mínimas absolutas ficando por volta de 1° C (ATLAS CLIMATOLÓGICO DO ESTADO DE SANTA CATARINA, 2002).

### 1.3.5 Vegetação

A área de estudo está inserida na Região da Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica), que se estende ao longo da costa Atlântica, ocupando as planícies Cenozóicas do litoral, bem como as encostas da Serra Geral. Segundo Klein (1978), “é caracterizada como uma vegetação exuberante, mais complexa, formada por diversos agrupamentos distintos”. A Floresta Ombrófila Densa encontra-se subdividida em Floresta Ombrófila Densa Montana, em Floresta Ombrófila Densa Submontana e em Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (FERREIRA, 1994; COELHO NETO, 1995).

A Floresta Ombrófila Densa Montana está presente em terrenos superiores a 400 m. A atuação antrópica substituiu a floresta por culturas cíclicas com pastagens e reflorestamentos (COELHO NETO, 1995).

A Floresta Ombrófila Densa Submontana corresponde a maior parte da Floresta Ombrófila Densa da costa Atlântica, em altitudes que variam de 30 a 400m, apresentando árvores de grande porte. Em virtude dos avanços da atividade humana, a maior parte deste tipo de floresta foi modificada, dando espaço às culturas cíclicas, pastagens e pequenos reflorestamentos com eucalipto (*Eucalyptus spp.*) (COELHO NETO, 1995).

A Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas encontra-se em uma faixa que vai de 5 a 30m acima do nível do mar. Nas planícies de solos hidromórficos encontram-se agrupamentos remanescentes de uma floresta pouco desenvolvida, e



em planícies de solos bem drenados, este tipo de floresta é mais exuberante. Em algumas áreas foram substituídas por culturas e, posteriormente, abandonadas por serem áreas de difícil manejo (COELHO NETO, 1995).

Com o passar do tempo, essas florestas foram sendo derrubadas para dar origem a povoamentos, agricultura e pastagens, onde os arredores do Estado de Santa Catarina foram desbravados, encontrando-se mata virgem unicamente nas sumidades dos morros (HARO, 1996). Devido aos desmatamentos, a floresta primária da região de estudo praticamente desapareceu, dando lugar a uma sucessão ecológica, começando pela fase pioneira, passando para a capoeirinha, capoeira e por fim o capoeirão.

## **1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA**

O objetivo principal deste trabalho é analisar as áreas suscetíveis a inundações e escorregamentos na bacia do rio Forquilhas, pois a mesma é frequentemente submetida desastres, provocando impactos ambientais e sócio-econômicos.

Tais fatores motivaram a realização do mapa de suscetibilidade a inundações e escorregamentos, nos quais as informações produzidas através desse mapeamento poderão auxiliar na indicação de áreas não ocupadas e que possuem limitações físicas às mesmas, quanto na indicação de áreas já ocupadas e que necessitem de intervenções.

### **1.4.1 Objetivo Geral**

Identificar e analisar as áreas suscetíveis a inundações e escorregamentos na Bacia do Rio Forquilhas, São José (SC).

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Analisar a expansão urbana da área de estudo;
- Identificar e relacionar os fatores ambientais que tornam a área de estudo suscetível às inundações e aos escorregamentos;
- Elaborar mapas temáticos que possuem relevância à ocorrência de inundações e escorregamentos;
- Classificar hierarquicamente as áreas suscetíveis a inundações e escorregamentos na área de estudo;
- Identificar as residências inseridas nas classes de suscetibilidade a inundações e escorregamentos.

## 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DA PESQUISA

A fundamentação teórica é necessária à pesquisa científica, pois a revisão bibliográfica serve de suporte para o conhecimento de temas relacionados ao objeto de estudo, como bacia hidrográfica, expansão urbana, mapeamento de áreas suscetíveis a inundações e escorregamentos, sensoriamento remoto e SIG'S, assim como conceitos sobre riscos, desastres naturais, vulnerabilidade, suscetibilidade, movimentos de massa e enchentes e inundações, que serão adotados como bases conceituais na presente pesquisa.

### 2.1 Bacia Hidrográfica

A adoção de uma bacia hidrográfica como unidade de planejamento é de aceitação universal, pelo fato de constituir um sistema natural delimitado no espaço, composto por um conjunto de terras topograficamente drenadas por um curso d'água e seus afluentes, no qual suas interações físicas são integradas e assim, mais facilmente interpretadas (SANTOS, 2004). A autora revela ainda que a avaliação é dada por temas relacionados aos aspectos físicos como a climatologia, a geologia, a geomorfologia, a pedologia, a hidrologia, e aos aspectos biológicos como a vegetação e a fauna.

Segundo o Programa Nacional de Bacias Hidrográficas, elas são entendidas como uma área fisiográfica drenada por um curso d'água ou por um sistema de cursos de água conectados e que convergem, direta ou indiretamente, para um leito ou para um espelho d'água, constituindo uma unidade ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais no meio ambiente (BRASIL, 1987).

Para Tucci (1997), a bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. Ela compõe-se basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar um leito único no exutório.

Christofoletti (1980) descreve que uma bacia hidrográfica é composta por um conjunto de canais de escoamento inter-relacionados e é definida como sendo a área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial. Elas podem ser classificadas segundo seu padrão de drenagem, que diz respeito ao arranjo espacial

dos cursos fluviais, podendo ser influenciados em sua atividade morfogenética pela natureza e disposição das camadas rochosas, pela resistência litológica variável, pelas diferenças de declividade e pela evolução geomorfológica da região.

Os canais, para Guerra e Guerra (1997) são os “locais por onde escoam as águas fluviais”. Apresentam-se sob diferentes formas na superfície terrestre, podendo ser classificados em meandrantos, anastomosados, retos, deltaicos, ramificados, reticulados e irregulares.

O limite de uma bacia é conhecido como *divisor de drenagem* ou divisor de águas. O vale fluvial representa uma depressão alongada (de extensão longitudinal) constituída por um ou mais talwegues e duas vertentes (ou macrovertentes) com sistemas de declive convergente e que pode ser compreendido como uma planície à beira do rio ou várzea (CUNHA et al., 1996).

Para Guerra e Guerra (1997, p. 634), as vertentes “são planos de declives variados que divergem das cristas ou dos interflúvios, enquadrando o vale”. Em planícies as vertentes são muitas vezes mal esboçadas, fazendo com que o rio divaga amplamente, já em zonas de montanhas elas podem ser abruptas e formar gargantas. Já os declives são a inclinação maior ou menor do relevo em relação ao horizonte.

As encostas são os flancos de um morro, de uma colina ou de uma serra. As encostas de uma bacia fluvial representam as áreas de transito de matéria e energia no sistema de drenagem e o seu estudo possui importância no que diz respeito à compreensão das regularidades da formação da paisagem (COELHO NETTO, 1994).

As bacias hidrográficas constituem sistemas de drenagem contíguas e abertas de diversos graus de hierarquia, estão interligados por divisores topográficos formando uma rede onde se drenam a água, o material sólido e dissolvido para uma saída comum ou ponto terminal, podendo ser outro rio, lago ou oceano) (CUNHA et al., 1996).

As características físicas de uma bacia são elementos de grande importância em seu comportamento hidrológico. Dentre eles cita-se a área de drenagem, que é o

elemento básico para o cálculo das outras características físicas; a forma da bacia, importante devido ao tempo que leva a água para chegar à saída da mesma; o sistema de drenagem, constituído pelo rio principal e seus tributários, onde o estudo de suas ramificações será importante, indicando se a água deixará a bacia em maior ou menor velocidade; e as características do relevo, que possuem influência sobre os fatores meteorológicos e hidrológicos, onde a velocidade do escoamento superficial é determinada pela declividade do terreno, e a temperatura, a precipitação, a evaporação, etc., são funções da altitude da bacia (VILLELA & MATTOS, 1975).

O estudo morfométrico em bacias hidrográficas é utilizado por alguns pesquisadores, principalmente na análise de sua dinâmica atual, como é o caso da análise areal proposta por Christofolletti (1980), a qual busca associar a forma da bacia hidrográfica com sua área. Para isso, ele propõe a aplicação de alguns parâmetros, entre os quais, o cálculo do Índice de Circularidade e do Índice de Forma. Com a mensuração da forma e da área da bacia hidrográfica é possível obter-se informações sobre seu comportamento em determinadas ocasiões de precipitações intensas.

Segundo Rocha (1997) as microbacias hidrográficas que possuem as formas geométricas retangulares, trapezoidais ou triangulares (figuras geométricas de área mínima) são menos suscetíveis a inundações que aquelas com formas ovais, quadradas ou circulares (figuras geométricas de área máxima), pois as últimas apresentam maiores possibilidades de serem atingidas por chuvas intensas de forma simultânea em toda sua extensão, causando uma grande concentração de volume de água no tributário principal.

Segundo Tucci (1997), o planejamento da ocupação em uma bacia hidrográfica é de fundamental importância, pois a urbanização da sociedade geralmente é feita em locais com riscos de inundação. Com isso acabam provocando danos que podem ser observados na área de estudo, devido à urbanização nas planícies aluviais ao longo do rio Forquilhas e seus afluentes, como na impermeabilização do solo devido às pavimentações de ruas e construções de moradias, nas canalizações dos rios, nos desvios de drenagens, nas elaborações de aterros, entre outros. No próximo capítulo serão abordados os conceitos utilizados

na temática dos desastres naturais como riscos, perigos, eventos e desastres naturais, com o objetivo de se mostrar os conceitos de acordo com a visão de alguns autores diferentes, no qual se utilizará o conceito que mais se adéque ao trabalho.

## **2.2 Conceitos Referentes a Riscos, Perigos, Eventos e Desastres Naturais**

A revisão conceitual dos termos relativos a riscos e desastres naturais, utilizados também em outros estudos, pesquisas e trabalhos em geral, têm causado preocupação entre os pesquisadores, pois existem divergências entre os autores acerca desses termos, ainda mais quando ele é traduzido de outro idioma, dificultando a identificação e o entendimento dos processos físicos e sócio-econômicos envolvidos pela falta de uma linguagem única e consensual.

Valdati (2000) comenta da falta de clareza sobre a questão da conceituação dos termos riscos e desastres naturais, salientando a dificuldade em iniciar sua pesquisa sobre riscos, pois surgiram problemas referentes a terminologias, imprecisão dos termos e até traduções em diferentes idiomas.

A revisão conceitual é importante para um melhor entendimento acerca da temática dos riscos e desastres naturais de acordo com o pensamento de diversos autores que trabalham neste tema, sendo abordados neste capítulo conceitos sobre riscos, perigos, eventos, desastres naturais, vulnerabilidade e suscetibilidade.

### **Risco**

A palavra risco está sempre associada ao homem e a algo negativo, desfavorável, prejudicial, conforme expõe Valdati (2000). Quando se trabalha com o termo “risco”, estamos referindo-nos à possibilidade de certos eventos acontecerem, já o “desastre” é a manifestação do risco.

Segundo Bruseke (2001) o risco é um acontecimento futuro, que não existe sem que o homem tenha perdas. Risco e perigo referem-se aos danos possíveis, constituindo-se em dois conceitos interligados que servem para designar qualquer desvantagem, porém apresentam diferenciações. Todo perigo é um risco caracterizado pela imprevisibilidade, que ao ocorrer torna-se um desastre. Quando

se tem consciência do dano fala-se em risco. Já o perigo relaciona os possíveis danos com causas fora do próprio controle.

Os riscos naturais seriam caracterizados por forças da natureza, podendo ser alterados pela ação humana. Nesses riscos estariam incluídos os escorregamentos, a erosão acelerada, as inundações entre outros. Quanto maior for o grau de intervenção humana no meio ambiente, sem levar em conta os riscos naturais, maiores serão as possibilidades de ocorrência de catástrofes, que geralmente envolvem mortes e prejuízos materiais (GUERRA & GUERRA, 1997).

O risco é a probabilidade de consequências prejudiciais, ou perdas esperadas (mortes, prejuízos, posses, manutenção do meio de vida, atividades econômicas interrompidas ou danos ambientais) resultantes da interação entre os perigos naturais e humanos e as condições vulneráveis (ICSU – *International Council for Science*, 2005).

Para Castro (1997) o risco é a medida de danos ou prejuízos potenciais expressas em termos de probabilidade estatística de ocorrência e de intensidade ou grandeza das consequências previsíveis. É a relação entre a probabilidade de que uma ameaça de evento adverso ou determinado acidente se concretize, com o grau de vulnerabilidade do sistema receptor e seus efeitos.

Para Mitchell (1999) o risco é definido como a probabilidade de vivenciar um evento natural extremo. É simplesmente a medida (espacial e temporal) da probabilidade de um evento extremo natural, e as modificações humanas nos processos que geram perigos são as mais importantes fontes de aumento do risco.

O risco pode ser tomado como uma categoria de análise associada primeiramente às noções de incerteza, exposição ao perigo, perdas e prejuízos materiais, econômicos e humanos em função de processos de ordem "natural" (tais como os processos exógenos e endógenos da Terra) e/ou daqueles associados ao trabalho e às relações humanas. O risco (*lato sensu*) refere-se, portanto, à probabilidade de ocorrência de processos no tempo e no espaço, não constantes e não-determinados, e à maneira como estes processos afetam (direta ou indiretamente) a vida humana (CASTRO et al., 2005).

Segundo Chardon (1999) “o risco é a combinação de quatro fatores: do perigo, da probabilidade (do lugar, do tempo, da consequência do evento e dos fatores circunstanciais), da complexidade (ligada ao sistema) e das perdas”. Em uma situação de risco em áreas urbanas, dois componentes importantes intervêm: o potencial de dano do fenômeno natural (o perigo, a ameaça) e a sociedade ameaçada a sofrer os danos (a sociedade vulnerável).

A pobreza é um duplo fator de risco, pois força as pessoas a viverem em áreas perigosas e domina a atenção das pessoas que não possuem recursos econômicos para se preocuparem com os problemas ambientais. A pobreza aumenta a vulnerabilidade aos riscos e os desastres aumentam a pobreza (CHARDON, 1999).

Neste trabalho, será utilizado o conceito de risco de Alheiros et al., (2003), utilizado para expressar a possibilidade de perdas materiais ou sociais, através da ocorrência de um evento que causa perdas e danos (escorregamento, inundação, etc.). Para existir risco, é necessário que haja alguma ocupação do espaço. Os processos naturais só criam riscos quando as pessoas ocupam o lugar onde os eventos naturais ocorrem. O risco resulta da interação de vários componentes, destacando-se as características do meio físico (geologia, morfologia, hidrologia, clima) que expressam a suscetibilidade e as alterações antrópicas (densidade ocupacional, infra-estrutura), que por sua vez expressam a vulnerabilidade (ALHEIROS et al., 2003).

## **Perigo**

O termo *hazard* é traduzido de diversas formas em países que não são de língua inglesa, sendo que no Brasil ele é traduzido como risco por alguns autores e como perigo por outros.

Os termos perigo (*hazard*) e risco (*risk*) são frequentemente utilizados erroneamente como sinônimos. O perigo é um fenômeno, natural ou não, que ocorre em épocas e regiões conhecidas que podem causar sérios danos nas áreas sob impacto. Assim, perigos naturais (*natural hazards*) são processos ou fenômenos naturais que ocorrem na biosfera, podendo constituir um evento danoso e serem criados, modificados ou aumentados pela atividade humana, tais como a



degradação do ambiente e urbanização, enquanto que o risco é a probabilidade de perda esperada para uma área habitada em um determinado tempo, devido à presença iminente de um perigo (UNDP, 2004 *apud* KOBIYAMA, 2006).

Para Cross (2001) a chave para a definição de um perigo é a interação humana ecológica que pode gerar desastre. Assim, um evento extremo atribui um perigo quando humanos estão expostos a eles.

Neste sentido, quando se trata de risco, deve-se considerar o perigo e a vulnerabilidade (densidade demográfica, infra-estrutura, pobreza, etc.) do sistema que está preste a ser impactado (KOBIYAMA, 2006).

O conceito de perigo utilizado neste trabalho foi baseado na citação de Wang & Sassa (2006), os quais definem o perigo natural (*natural hazard*) como a probabilidade de uma condição estável razoável poder mudar abruptamente, ou como a probabilidade de que um potencial fenômeno danoso possa ocorrer dentro de uma dada área em um dado período de tempo.

## **Evento**

Muitos autores concordam que o conceito de evento envolve um fato ocorrido sem consequências sócio-econômicas. Um evento natural é simplesmente uma ocorrência natural sem consequências sócio econômicas ou perigos potenciais (ENGINEERING GEOLOGY AN ENVIRONMENTAL APROUCH, 1986 *apud* Augusto Filho et al., 1990). Para Augusto Filho et al. (1990) é um processo geológico ou atmosférico que tenha ocorrido, sem causar consequências sócio-econômicas.

Para Alheiros et al. (2003) é um “fato ocorrido no qual não foram registradas perdas sociais e/ou econômicas” e para Carvalho et al. (2007) é um “fenômeno com características, dimensões e localização geográfica registrada no tempo, sem causar danos econômicos e sociais”.

Castro (1998) aborda diferentes tipos de eventos. O evento seria o acontecimento, e na análise do risco seria a ocorrência externa ou interna ao sistema, envolvendo fenômeno da natureza, ato humano ou desempenho do equipamento que causa distúrbio ao sistema. O autor também aborda eventos adversos, que seriam a ocorrência desfavorável, prejudicial e imprópria, que traz

prejuízo e é um fenômeno causador de desastres. Já o evento externo seria a ocorrência externa ao sistema em estudo, como interrupção de energia, terremotos, enchentes ou outros desastres naturais.

### **Desastres Naturais**

Os desastres são um sério rompimento do funcionamento de uma comunidade ou sociedade, causando grandes perdas sociais, materiais, econômicas ou ambientais, que excedem a habilidade da comunidade ou sociedade afetada de lidar usando seus recursos próprios. Ele é o resultado da combinação dos perigos, das condições de vulnerabilidade e das insuficientes capacidades de medir ou reduzir as potenciais consequências negativas do risco (ISCU, 2005).

Os desastres naturais são determinados da relação entre o homem e a natureza. Quando não são aplicadas medidas para a redução dos efeitos dos desastres, a tendência é aumentar a intensidade, a magnitude e a frequência dos impactos. Sendo assim, estes desastres que tanto influenciam as atividades humanas vêm historicamente se intensificando devido ao mau gerenciamento das bacias hidrográficas, especialmente pela falta de planejamento urbano (KOBİYAMA, 2006).

Um perigo natural somente se torna um desastre quando afeta a população humana que está exposta e é vulnerável. A ocorrência e a extensão dos desastres dependem de três variáveis: perigo (fenômeno natural como terremotos, tufões e erupções vulcânicas); exposição (estruturas, construções, pessoas ou outras entidades em risco); e vulnerabilidade (propensão a sofrer perdas) (UITTO, 1998).

Muitos fatores, incluindo o tempo, as características sócio-econômicas e políticas das populações afetadas e as condições ambientais do local definem o contexto dentro dos quais os perigos ou desastres ocorrem (CROSS, 2001).

Os desastres podem ser classificados quanto à intensidade, a evolução, a origem (CASTRO, 1999) e a duração (KOBİYAMA, 2006).

- Intensidade: separadas em quatro níveis, os níveis I e II são desastres facilmente superáveis pelo município, não havendo necessidade de recursos proveniente do estado ou da união. O nível III significa que a situação de

funcionalidade pode ser restabelecida com os recursos locais, desde que complementados com recursos estaduais e federais, onde neste nível o município declara Situação de Emergência (SE). O nível IV significa que o desastre não é superável pelos municípios, mesmo quando bem informados e preparados, e nesta situação, ocorre a decretação do Estado de Calamidade Pública (ECP).

- Evolução: separadas em três tipos, sendo eles os desastres **súbitos**, que se caracterizam pela rápida velocidade com que o processo evolui, por exemplo, as inundações bruscas e os tornados; os **graduais**, caracterizados por evoluírem em etapas de agravamento progressivo, como as inundações graduais e as secas; e a **somação de efeitos parciais**, que se caracterizam pela ocorrência de numerosos acidentes semelhantes, cujos impactos, quando somados, definem um desastre de grande proporção. Por exemplo, acidentes de trânsito e de trabalho.

- Origem: também se caracterizam por três tipos: os **naturais**, provocados por fenômenos naturais extremos, que independem da ação humana; os **humanos**, causados pela ação ou omissão humana, como os acidentes de trânsito e a contaminação de rios por produtos químicos; e os desastres **mistos** associados às ações ou omissões humanas, que contribuem para intensificar, complicar ou agravar os desastres naturais. Como os desastres são resultantes de riscos, pode-se considerar essa mesma classificação para eles.

- Duração: Sidle et al. (2004) *apud* Kobiyama, (2006) classificaram em dois tipos: episódicos e crônicos. Geralmente os desastres denominados episódicos tais como terremoto, vulcanismo, tsunami, inundação e fluxo de detrito, chamam mais atenção por causa de sua magnitude. Entretanto, desastres crônicos tais como a erosão do solo, geram sérios prejuízos ambientais, especialmente em longo prazo. Froehlich et al. (1990) *apud* Kobiyama, (2006) afirmaram que os desastres naturais crônicos são frequentemente subestimados ou ignorados e quando registrados, somente os registros históricos são analisados.

Segundo Alcántara-Ayala (2002), a ocorrência dos desastres naturais está ligada não somente à suscetibilidade dos mesmos, devido às características geoambientais, mas também à vulnerabilidade do sistema social sob impacto, isto é, o sistema econômico-social-político-cultural. Normalmente os países em

desenvolvimento não possuem boa infra-estrutura, sofrendo muito mais com os desastres do que os países desenvolvidos, principalmente quando relacionado com o número de vítimas. Inundações, escorregamentos, secas, furacões, entre outros, são fenômenos naturais severos, fortemente influenciados pelas características regionais, tais como, rocha, solo, topografia, vegetação e condições meteorológicas. Quando estes fenômenos intensos ocorrem em locais onde os seres humanos vivem, resultando em danos (materiais e humanos) e prejuízos (sócio-econômico) são considerados como “desastres naturais”.

O conceito de desastre escolhido para este trabalho é o de Castro (1997), que expõe que os desastres naturais são resultados de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, causando danos humanos, materiais e ambientais com consequentes prejuízos econômicos e sociais. A intensidade de um desastre depende da interação entre a magnitude do evento adverso e a vulnerabilidade do sistema, e é quantificada em função dos danos e prejuízos.

Há uma série de conceitos na temática dos desastres naturais, já abordados neste trabalho, no qual o objetivo é dar ênfase nos mais importantes, porém não podendo deixar de falar de alguns que estão intimamente ligados com os riscos e os eventos, como as ameaças e os danos.

Para isso, foi utilizada a conceituação de Castro (1997), no qual expõe que a ameaça é a estimativa de ocorrência e magnitude de um evento adverso, expresso em termos de probabilidade estatística de concretização do evento e da provável magnitude de sua manifestação; e o dano é a medida que define a intensidade ou severidade da lesão resultante de um evento adverso.

### **2.3 Vulnerabilidade e Suscetibilidade**

A vulnerabilidade é conceituada segundo o ICSU (2005) como uma condição determinada por fatores ou processos físicos, sociais, econômicos e ambientais, que aumentam a suscetibilidade de uma comunidade.

Quanto maior for a vulnerabilidade de uma população, maior será a magnitude da extensão de um desastre. Para Zuquette (1993), a vulnerabilidade é a

característica intrínseca de um sujeito, sistema ou elemento que estão expostos a um evento perigoso.

Uitto (1996) descreve que a vulnerabilidade pode ser definida como as características de uma pessoa ou grupo em termos de sua capacidade de antecipar, lidar, resistir e se recobrir do impacto de um desastre. Cross (1996) comenta que a vulnerabilidade de uma grande cidade ou pequena comunidade é determinada pela sua exposição social e física, resiliência de desastre, preparação ou mitigação pré-evento e responsabilidade pós-evento.

Para De León (2006), a vulnerabilidade é geralmente percebida como a predisposição da sociedade a ser afetada e a incapacidade de lidar com os desastres. O autor cita um modo simples de entender a vulnerabilidade através do conceito proposto pela International Strategy for Disaster Reduction (ISDR) da ONU, onde a vulnerabilidade é dada por condições e processos resultantes de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais de uma comunidade frente aos perigos.

O conceito de vulnerabilidade utilizado neste trabalho é o de Palacios et al. (2005), que comentam que a vulnerabilidade é o conjunto de condições ambientais, sociais, econômicas, políticas e educativas que fazem com que uma comunidade esteja mais ou menos exposta a um desastre, seja por condições inseguras existentes, ou por sua capacidade de responder ou se recuperar antes de tais desastres.

Os autores ainda descrevem que a vulnerabilidade de uma comunidade caminha junto com as flutuações da população, da construção de novas casas, de novas estradas, de instalações industriais e outras infraestruturas. O grau de vulnerabilidade de uma população exposta a uma ameaça pode ser reduzido, desde que se façam ações de preparação para as emergências ou que se reduzam as condições de risco existentes mediante políticas e estratégias de desenvolvimento local.

Algumas condições potencializam a destruição, como a baixa qualidade das habitações, pois possuindo poucos recursos, algumas populações constroem suas moradias com restos de construções e outros materiais de qualidade inferior, aliado às condições desfavoráveis do local em que são construídas essas habitações, onde

a suscetibilidade a desastres naturais é alta, como as encostas instáveis e as planícies suscetíveis à inundação (DEGG, 1992).

A vulnerabilidade é uma característica dinâmica e intrínseca de qualquer comunidade (ou vizinhança, região, estado, infraestrutura ou qualquer outro elemento em risco) que abarca vários componentes. Ela também é uma função da sensibilidade de um sistema (comunidade, vizinhança, construções, infraestrutura, nação, etc.), sendo independente de qualquer magnitude particular de um evento natural específico, mas dependente do contexto em que ele ocorre. A complexidade da vulnerabilidade não é dada somente por dimensões múltiplas, mas também pelo fato de que ela é específica e que seus parâmetros mudam com a escala geográfica. Os parâmetros que determinam a vulnerabilidade são diferentes em nível de vizinhança, comunidade ou país (THYWISSEN, 2006).

Thywissen ainda faz uma análise onde o estudo da vulnerabilidade requer uma adaptação para uma escala e objetivo específico. Ela cita em seu estudo uma resposta potencial para a questão da vulnerabilidade dada por Birkmann (2006), onde o autor define a vulnerabilidade de um modo mais global, incluindo a exposição e a capacidade em lidar de uma comunidade.

Para o autor, a exposição é entendida como o número de pessoas e/ou outros elementos em risco que podem ser afetados por um evento particular. Enquanto a vulnerabilidade determina a severidade que um evento terá nos elementos em risco, a exposição comanda o último registro de danos. Já a capacidade em lidar de uma comunidade engloba aquelas estratégias e medidas que agem diretamente sobre o dano durante o evento, assim como estratégias que modificam o comportamento ou atividades em ordem de evitar efeitos danosos.

### **Suscetibilidade**

A suscetibilidade é entendida como a característica inerente ao meio, representando a fragilidade do ambiente, por exemplo, em relação a inundações e escorregamentos. Diferencia-se do conceito de vulnerabilidade, o qual é definido como predisposição de um sujeito, sistema ou elemento, ser afetado por um evento, assim, áreas mais suscetíveis terão maior grau de risco (ALHEIROS et al., 2003).

Souza (2004) usa o termo suscetibilidade natural para mostrar um perigo relativo dado pelos condicionantes naturais e suscetibilidade antrópica, que é a potencialidade do meio antrópico em induzir enchentes e alagamentos. As duas juntas equivalem ao perigo.

Os grandes desastres causam maiores danos em países subdesenvolvidos, e as causas, em parte, podem ser atribuídas à instalação da população geralmente em áreas suscetíveis a esses fenômenos. Sem condições de se munir com sistemas de previsões ou monitoramento, ou com obras de contenção, a população se mostra indefesa diante dessas situações. A vulnerabilidade aos riscos é proporcional ao nível de miséria, ou seja, quanto mais carentes as populações, mais estão sujeitas aos efeitos danosos, devido à instalação sem a infra-estrutura adequada (ALCANTARA-AYALA, 2002).

Ogura & Macedo (2002 *apud* Kobiyama, 2006) explanaram tal relação a partir do seguinte exemplo: um fenômeno atmosférico extremo como um tornado, que costuma ocorrer em uma determinada região (suscetibilidade) e época conhecida, gera uma situação de **perigo**. Se este se deslocar na direção de uma determinada área povoada, com uma possibilidade real de prejuízos em um determinado período (vulnerabilidade), teremos então uma situação de **risco**. Se o tornado atingir a área povoada, provocando danos materiais e vítimas, será denominado como um **desastre natural**. Caso o mesmo ocorra não gerando danos, será considerado como um **evento natural**.

Outro exemplo é ilustrado por Marcelino et al. (2004), citando o Furacão Catarina, ocorrido em 28 de março de 2004, atingindo o sul Catarinense e parte nordeste do Rio Grande do Sul. Caso ele tivesse ocorrido em alto mar, sem gerar prejuízos, seria um **evento natural**. Ao identificar sua formação, ainda no oceano Atlântico, e antevendo a possibilidade de vir e atingir o continente e afetar a população, gerando danos ambientais e sócio-econômicos, caracterizou-se como um **risco**. Quando chegou ao continente, ocasionando prejuízos à população, pôde-se defini-lo como um **desastre natural**. Por um lado, a **vulnerabilidade**, nesse caso, se caracterizou pelas casas mais frágeis, construídas de madeiras e cobertas por telhas de cimento amianto; por outro, a **suscetibilidade**, ou seja, as características

físicas do meio configurou-se pelas encostas expostas aos ventos mais fortes, as planícies expostas às altas marés, entre outras.

Nos próximos itens serão abordados considerações sobre as áreas de risco e a expansão urbana das cidades, assim como o conceito sobre os movimentos de massa e as enchentes e inundações de acordo com autores distintos.

## **2.4 Áreas de Risco e Expansão Urbana**

O conceito de áreas de risco utilizado neste trabalho foi retirado do IPT (1991) onde o conceito diz que “são aquelas que apresentam possibilidades de perigo, perda ou dano, do ponto de vista social e econômico, na qual a população esteja submetida caso ocorra processos físicos naturais”, estando associadas à presença da ocupação humana em áreas que podem ser atingidas por eventos naturais adversos, o que é o caso de alguns locais da área de estudo.

As áreas de risco a fenômenos perigosos naturais são aquelas suscetíveis a desastres, os quais podem ocorrer como consequência de ordem natural e/ou causado por atividades antrópicas. O crescimento populacional desordenado é um dos principais agravantes para a ocorrência de desastres, pois sem alternativa de habitação, algumas populações tendem a instalar-se em áreas de baixo valor econômico, como por exemplo, em encostas declivosas sujeitas a escorregamentos ou nas planícies aluviais sujeitas a inundação (OLIVEIRA et al., 2006).

Para Valente (1996), em casos como esses, onde as ocupações são originadas de forma irregular desprezando as condições do meio físico, as populações ficam sujeitas à ocorrência de eventos catastróficos.

A ocupação e o uso do solo em locais que possuem restrições naturais podem gerar instabilidades ambientais e colocar em risco a população que ali está inserida, ressaltando que os deslizamentos e as enchentes são processos naturais, que se caracterizam como perigos quando atingem algumas formas de ocupações relacionadas com as atividades humanas e proporcionam perigo à vida e aos seus bens materiais (CRISTO, 2002).



O estudo que envolve o tema áreas de risco é de fundamental importância, pois torna possível que se identifiquem as áreas nas quais podem colocar a vida de pessoas em perigo, assim como de seus bens materiais, permitindo também que se expliquem os processos que desencadeiam os desastres, assim como suas consequências.

O acelerado processo de urbanização e o crescimento desordenado das cidades mudam severamente o ambiente, marcado por diferentes processos do meio físico, em geral associados a alguma degradação ambiental. Feições erosivas, decorrentes da má gestão do uso do solo e da falta de planejamento urbano, provocam impactos ambientais, e dentre um deles, está pela produção de sedimentos que vão assorear os cursos d'água levando à ocorrência de enchentes, em períodos chuvosos (PEDRO & LORANDI, 2004).

Segundo Suertegaray (2000) *apud* Bueno, (2003), se a ocupação do solo ocorre de forma desordenada, e não controlada, a quantidade de adversidades ambientais decorrentes é grande. Alguns exemplos são as perdas substanciais da biodiversidade da flora e fauna, de cidades inundadas pela água da chuva, da desertificação de extensas faixas de solo, da contaminação de corpos hídricos, de desmoronamento e desbarrancamentos de encostas frágeis, entre outros.

Os impactos ambientais associados ao processo de urbanização ampliaram-se perigosamente neste último século. A expansão periférica das cidades brasileiras e a forma precária como foram implantados os novos assentamentos criaram um quadro de grave degradação. Trouxeram também um desafio ao poder público e à sociedade em geral, que é a prevenção de novos impactos (SOUZA, 2003).

O processo de expansão urbana e a falta de condições de infra-estrutura, onde a população acaba ocupando áreas consideradas como áreas de risco, podem ser associados a vários fatores, que vão desde o aumento populacional e a falta de condições econômicas das pessoas para aquisição de imóveis e terrenos em locais adequados, até a carência de políticas públicas de planejamentos nas cidades e suas periferias (CRISTO, 2002).

A existência do risco se dá em função de como a população se ajusta aos eventos naturais extremos que ocorrem em certas áreas, pois as inundações não

trariam riscos se as planícies inundáveis não fossem ocupadas, da mesma forma, os movimentos de massa não seriam perigosos se as encostas não fossem intensamente ocupadas.

Para Castro (1997) o crescimento desordenado das cidades é considerado como um condicionante de desastres, onde principalmente as classes sociais de baixa renda obrigam-se praticamente a ocupar áreas de encostas e margens de rios e arroios, tornando-se vulneráveis a eventos naturais de grande intensidade.

As modificações dos meios naturais pelo homem também acarreta em impactos e prejuízos. Herrmann et al. (1994) exemplificam o problema na área de estudo demonstrando que o rio Maruim e seus afluentes, como o rio Forquilhas, possuíam características meandrantas, porém, nas áreas planas eles tiveram seus leitos retificados através de canalizações com o objetivo de diminuir o risco de inundações. Entretanto, ocorreu o contrário, pois com a alteração da dinâmica fluvial, aumentou-se a velocidade de escoamento, provocando o assoreamento e alagando áreas que até então não eram inundadas.

Fatos como esses reforçam a preocupação desta pesquisa, no sentido de que seja evitada a ampliação dos problemas ambientais devido à presença da ocupação urbana em locais suscetíveis às inundações e aos escorregamentos na bacia do rio Forquilhas.

## **2.5 Movimentos de Massa**

Há muitos conceitos e terminologias adotadas por diferentes autores para determinarem os movimentos de massa e suas formas de classificações, possibilitando com isso diferentes interpretações pelos leitores, o que em alguns casos dificulta a sua identificação e os processos que os desencadeiam.

Conforme Bonuccelli (1995, p. 4) “descrever os tipos de movimentos de massa é importante, pois auxilia na definição do campo de estudo, facilitando a troca de idéias entre pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento”.

Para Bigarella (2003) os movimentos de massa são reconhecidos como os mais importantes processos geomórficos modeladores da superfície terrestre, constituindo-se no deslocamento do material (solo e rocha) vertente abaixo sob

influência da gravidade, sendo desencadeados pela interferência direta de outros meios ou agentes independentes, como água, gelo ou ar.

Ainda para o autor, os movimentos de massa são comuns em terrenos acidentados íngremes, podendo também ocorrer em vertentes de baixa declividade, e as condições que os favorecem vão depender principalmente da estrutura geológica, da declividade da vertente, do regime de chuvas, da perda de vegetação e da atividade antrópica.

De acordo com Cunha (1991) os movimentos gravitacionais de massa são classificados de diferentes formas, em função da sua geometria e/ou cinemática e/ou tipo de material, sendo classificados em quatro categorias principais: rastejos, escorregamentos, quedas/tombamentos/rolamentos e corridas de massa.

**Rastejos:** São movimentos lentos, cujo deslocamento resultante ao longo do tempo é mínimo (poucos centímetros/ano) podendo ser contínuos ou pulsantes, estando associados a alterações climáticas sazonais (umedecimento e secagem).

**Escorregamentos:** São processos marcantes na evolução das encostas, caracterizando-se por movimentos rápidos, limites naturais e profundidade bem definida (superfície de ruptura).

**Quedas de Bloco:** São constituídos por movimentos rápidos, predominantemente em queda livre, mobilizando um volume de rocha relativamente pequeno associado às encostas rochosas abruptas ou taludes de escavação, tais como cortes em rochas, frentes de pedreiras, entre outros.

**Rolamento de Matacões:** É um processo comum em áreas graníticas que originam matacões de rocha sã, isolados e expostos em superfície. Estes ocorrem naturalmente quando processos erosivos removem o apoio de sua base, condicionando o rolamento de matacões.

**Tombamento:** Também conhecido como basculamento, acontecem em encostas/taludes íngremes de rochas com descontinuidades (fraturas, diáclases) verticais. Em geral são mais lentos do que as quedas e ocorrem, principalmente, em taludes de corte, onde a mudança da geometria acaba desconfinando as descontinuidades e proporcionando o tombamento das paredes do talude.

Corridas de Massa: São movimentos gerados a partir de um grande aporte de material para as drenagens, combinado com um determinado volume de água que acaba formando uma massa com comportamento líquido viscoso, de alto poder destrutivo e de transporte, em extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas.

Fernandes e Amaral (1996) baseados na proposta do IPT (1991) e de Guidicine e Nieble (1984), sugerem a seguinte classificação para os movimentos de massa:

Corridas: São movimentos rápidos de massa onde o material se comporta como fluido altamente viscoso.

Escorregamento/Desbarrancamento/Deslizamento: São movimentos de massa rápidos e de curta duração, com plano de ruptura bem definido, permitindo a distinção entre o material deslizado e o material não movimentado. Este tipo de movimento pode ser dividido em dois tipos conforme seu plano de ruptura: Escorregamento Translacional: São movimentos que possuem a ruptura com forma planar, acompanhando em geral a descontinuidade mecânica e/ou hidrológica do interior do material, geralmente são compridos e rasos com plano de ruptura entre 0,5m e 5,0 m e em geral ocorrem na alta encosta; e Escorregamento Rotacional: São movimentos de massa que possuem uma superfície de ruptura curva, côncava para cima, ao longo da qual se dá um movimento rotacional de massa de solo, iniciado principalmente em consequência de cortes (naturais ou artificiais) na base de depósitos espessos e homogêneos, principalmente depósitos de materiais de alteração nas encostas.

Quedas de Bloco: São movimentos rápidos de blocos e/ou lascas de rocha caindo pela ação da gravidade sem a superfície de deslizamentos, ocorrendo na forma de queda livre (GUIDICINE e NIEBLE, 1984). Em geral ocorrem em encostas íngremes de paredões rochosos contribuindo para a formação de Tálus.

Augusto Filho (1994, p.19) menciona Hutchinson (1968), definindo os Movimentos de Massa como “todos aqueles movimentos induzidos pela aceleração gravitacional, exceto quando ocorre o transporte de massa, pela ação da água, gelo, neve ou ar”.

Rastejos: São conjuntos de movimentos lentos (mm a cm/ano) que não apresentam uma superfície de ruptura marcante, tão pouco geometrias definidas.

Escorregamentos: São movimentos que englobam uma série de processos de instabilização, onde o mecanismo de deslizar é bem caracterizado, através da existência de um ou poucos planos de movimentação bem distintos e externos à massa instabilizada, com velocidade de deslocamento média a alta (m/h a m/s).

Escorregamentos Induzidos: São aqueles potencializados pela ação antrópica, através da execução de cortes/aterros inadequados, da concentração de águas pluviais e servidas, da retirada da cobertura vegetal, entre outras.

Escorregamentos Planares ou Translacionais em solo: São processos frequentes na dinâmica das encostas serranas brasileiras, ocorrendo de forma predominante em solos pouco desenvolvidos nas vertentes com alta declividade, caracterizando-se por apresentar pequena espessura e forma retangular estreita.

Escorregamentos Circulares ou Rotacionais: São aqueles que possuem superfícies de deslizamentos curvas, sendo comum à ocorrência de uma série de rupturas combinadas e sucessivas. Estão associados a aterros, pacotes de solo ou depósitos espessos.

Escorregamentos em Cunha: Estão associados à saprólitos e maciços rochosos, onde a existência de dois planos de fraqueza desfavorece a estabilidade, condicionando o deslocamento ao longo do eixo de intersecção destes planos.

Solapamentos: Podem ser entendidos como um tipo de escorregamento, cuja deflagração e evolução está diretamente relacionada à erosão fluvial, marinha, ravinas ou boçorocas.

Quedas: Quando materiais rochosos diversos e de volumes variados se destacam de encostas, num movimento de queda livre, ou em plano inclinado (rolamentos de matacões). O autor inclui neste grupo os tombamentos.

Tombamentos: Neste caso, a queda se dá a partir da rotação de um bloco da encosta/talude em torno de um eixo de apoio. É um processo que está condicionado à existência de planos de fraqueza subverticais no maciço rochoso.

Corridas: São entendidas como o conjunto de movimentos gravitacionais de massa de grandes dimensões que se movimentam na forma de escoamento.

Conforme Castro (1997) a classificação dos tipos de movimentos de massa é encontrada na Classificação Geral dos Desastres e na Codificação de Desastres, Ameaças e Riscos (CODAR), aprovada pela Resolução nº 2 do Conselho Nacional de Defesa Civil, onde os movimentos de massa estão inseridos no item Desastres Naturais relacionados com a geomorfologia, o intemperismo, a erosão e a acomodação do solo.

Escorregamentos ou Deslizamentos: Movimentos gravitacionais de massa que ocorrem de forma rápida e cuja superfície de ruptura é nitidamente definida por limites laterais e profundos, bem caracterizados.

Corridas de Massa: Movimentos gravitacionais de massa gerados a partir de um grande aporte de material de drenagem sobre terrenos pouco consolidados, sendo que este material misturado com grandes volumes de água infiltrada forma uma massa semifluída, com comportamento geotécnico semelhante ao de um líquido viscoso.

Rastejos: Movimentos gravitacionais de massa, caracteristicamente lentos (cm e m/ano), podendo ser contínuos ou pulsantes. Não apresenta uma superfície de ruptura bem definida e os limites entre a massa em movimento e os terrenos estáveis são transicionais.

Quedas de Rochas: Movimentos extremamente rápidos, os quais envolvem blocos ou fragmentos de rocha em queda livre.

Tombamentos de Rochas: Ocorrem por mecanismo semelhante ao das quedas de rochas, com a diferença que, nestes casos, o plano de clivagem desenvolve-se no sentido vertical, paralelo ao plano do talude, e quando a inércia é rompida, resulta um movimento em bascula provocando o tombamento do bloco.

Rolamentos de Matacões: Movimentos provocados por fenômenos erosivos, ao desestabilizarem a base sobre a qual o matacão se assenta, alternado o equilíbrio estável do mesmo e provocando o rolamento do bloco encosta abaixo.

Subsidência do Solo: Afundamento da superfície de um terreno em relação às áreas circunvizinhas. Este movimento pode ocorrer devido a fenômenos geológicos, como dissolução, erosão, compactação do material de superfície, falhamentos verticais, terremotos e vulcanismos.

Para Herrmann et al. (2005), os escorregamentos (*slides*) representam a classe mais importante dentre todas as formas de movimento de massa - fenômeno relacionado com o processo natural de evolução das vertentes - comumente denominados de deslizamentos, desmoronamentos, quedas de barreira e desbarrancamentos, os quais referem-se ao rápido movimento descendente de material inconsolidado ou intemperizado sobre um embasamento saturado de água.

Ainda segundo Herrmann et al. (2005), os fatores condicionantes aos escorregamentos estão relacionados, principalmente, a estrutura geológica, declividade da vertente, forma topográfica, regime de chuvas e atividade antrópica. Dentre os fatores citados, certamente o último constitui-se como um dos maiores potencializadores dos escorregamentos. Destacam-se o uso irracional das áreas declivosas, desmatamentos, cortes e aterros mal executados para a construção de casas e estradas, lançamento direto de águas servidas, vazamento da rede de abastecimento de água, fossas sépticas e acúmulo de lixo.

Neste estudo, adota-se como definição para escorregamentos a proposta de Fernandes e Amaral (1996) baseada em Guidicini e Nieble (1984) e IPT (1991), que o define como movimentos rápidos, de curta duração e com plano de ruptura bem definido, existindo a possibilidade de identificar o material deslizado e o que não foi movimentado.

Mediante consultas aos arquivos da Defesa Civil, Herrmann et al. (2005) contabilizaram os desastres naturais para Santa Catarina através dos formulários de Avaliação de Danos – AVADAN, durante o período de 1980 a 2003, totalizando 140 ocorrências de escorregamentos em 87 municípios no Estado de Santa Catarina, e atualizando esses dados até o ano de 2008, São José foi um dos municípios que apresentaram as maiores frequências de escorregamentos, com 11 ocorrências, tendo como principal causa as instalações urbanas em áreas de encostas declivosas, sendo que os anos em que ocorreram as maiores quantidades de

registros de escorregamentos coincidiram com os anos mais chuvosos. As chuvas intensas estiveram relacionadas ora aos episódios do fenômeno *El Niño*, ora aos episódios climáticos regionais, relacionados ao desempenho da Frente Polar Atlântica, especialmente, e aos sistemas frontais estacionários.

## **2.6 Enchentes e Inundações**

Os problemas relacionados com as enchentes e com as inundações são mundialmente significativos, pois muitas cidades desenvolveram suas malhas urbanas ao longo dos leitos dos rios, com isso colocando em risco a população que, em consequências das chuvas intensas e concentradas, sofrem o problema das inundações.

Analisando os dados sobre desastres naturais no Brasil no período de 1948 a 2004, disponibilizados pelo EM-DAT Internacional Disaster Database, Kobiyama et al. (2004) demonstraram que, no Brasil, os desastres naturais que provocam maiores perdas humanas foram as inundações.

Para Guerra & Guerra (1997) as enchentes são consequências das grandes chuvas que ocorrem nos rios e geralmente causam verdadeiros desastres resultando em perdas na agricultura, pecuária e nas cidades. O que caracteriza as enchentes são as irregularidades de ocorrência, ou seja, não acontecem todos os anos.

Segundo Tucci (1997, p.621) “as enchentes ocorrem quando a precipitação é intensa e a quantidade de água que chega ao rio é superior à sua capacidade de drenagem, resultando na inundação das áreas ribeirinhas”. Ainda, os problemas resultantes da inundação dependem do grau de ocupação da várzea pela população e da frequência com a qual ocorrem as inundações. Quanto mais intensa for a ocupação, mais pessoas serão atingidas pelas águas.

Para Castro (1998, p. 99) “a enchente é a elevação do nível de água de um rio, acima de sua vazão normal, sendo que este autor utiliza o termo enchente como sinônimo de inundação”. Assim como o conceito de risco, também existe uma falta de homogeneização quanto às definições de enchentes, inundações e enxurradas, tratadas muitas vezes por diversos autores como sinônimos.



Comumente os termos inundação fluvial e enchente são utilizados como sinônimos, mas eles diferem entre si quanto à fenomenologia. A enchente refere-se ao aumento da vazão do rio por um determinado período de tempo. Entretanto, quando a vazão supera a capacidade de descarga do canal fluvial, indo extravasar para as áreas marginais (várzea e planície aluvial), ocorre a inundação (HERRMANN et al., 2005).

A Defesa Civil classifica as inundações em função da magnitude (excepcionais, de grande magnitude, normais ou regulares e de pequena magnitude) e em função do padrão evolutivo (inundações graduais, inundações bruscas, alagamentos e inundações litorâneas) (CASTRO, 2003). Apesar desta diferenciação, a maior parte das situações de emergência ou estado de calamidade pública são causadas pelas inundações graduais e bruscas (KOBAYAMA et al., 2004).

As inundações graduais ocorrem quando a água eleva-se de forma lenta e previsível, mantendo-se em situação de cheia durante algum tempo, e a seguir escoando-se gradualmente. Citando os rios Amazonas, Nilo e Mississipi como exemplos, o mesmo autor mencionou que este tipo de inundação possui uma sazonalidade (periodicidade). Aparentemente, essa inundação não é tão violenta, mas sua área de atuação é extensa (CASTRO, 2003).

Por outro lado, popularmente conhecida como enxurrada, a inundação brusca ocorre devido às chuvas intensas e concentradas, principalmente em regiões de relevo acidentado. A elevação dos caudais é súbita e seu escoamento é violento (CASTRO, 2003). Ela ocorre em um tempo próximo ao evento da chuva que a causa e a elevação das águas é repentina, apesar da área de impacto ser bem menor do que as áreas das inundações graduais.

A precipitação intensa, aliada com as características de uma bacia hidrográfica, são as principais causas das inundações, comportando-se como chuvas sazonais sobre amplas áreas geográficas, o que resulta nas inundações graduais; ou sob a forma de chuvas convectivas intensas sobre uma pequena bacia hidrográfica, o que resulta nas inundações bruscas (PENNING-ROWSELL, 1999; SMITH, 2000 *apud* HERRMANN org., 2005). Ou seja, as inundações graduais estão mais associadas às chuvas contínuas e prolongadas do que as chuvas intensas e

concentradas (CASTRO, 2003). Alguns pesquisadores acreditam que a inundação brusca é mais problemática devido a sua rápida velocidade e violência (GEORGAKAKOS, 1986; MONTZ e GRUNTFEST, 2002 *apud* HERRMANN org., 2005).

Para Herrmann et al. (2005) a inundação gradual é o tipo de desastre natural que mais ocorre em todo o Estado de Santa Catarina, causando sérios impactos socioeconômicos. A frequência dos eventos mais severos está diretamente associada aos anos de *El Niño*, que atua com mais intensidade no inverno na Região Sul do Brasil, provocando episódios pluviais intensos. Dentre as áreas mais suscetíveis, destacam-se as regiões costeiras em virtude do relevo plano (planície de inundação) e do adensamento populacional.

Em Santa Catarina, as inundações bruscas já causaram sérios danos e prejuízos, principalmente a partir da década de 90 com a intensificação do processo de urbanização. A maior frequência foi registrada no verão, principalmente nos meses de janeiro e fevereiro devido às fortes convecções tropicais. O fenômeno, conforme Georgakakos (1986) e Doswell (1994) é o resultado da interação de diversos processos atmosféricos e terrestres como: precipitações extremas, umidade no solo (precipitação antecedente), forma das encostas, relevos íngremes, superfícies impermeáveis (calçamentos, arruamentos, etc.) e repentina descarga d'água (rompimento de barragens, açudes, etc.). Em alguns casos todos estes pressupostos podem estar presentes, o que eleva ao máximo o poder de destruição do fenômeno (MARCELINO e GOERL, 2005).

Durante o período de 1980 a 2003, dentre os desastres naturais, as inundações que ocorreram em Santa Catarina foram as responsáveis pelo maior número de desabrigados e mortos, com 555.360 e 108 respectivamente. Dentre os anos em que elas sucederam, destacam-se os de 1983 e 1984, que correspondem também aos anos em que foram registrados os maiores números de municípios atingidos pelas inundações, com 352.990 desabrigados e 51 mortos (MARCELINO e GOERL, 2005).

As inundações se intensificam como desastre natural quando há interferência nas condições naturais através do desmatamento, da agricultura e da pecuária nas

encostas dos morros e nas margens ribeirinhas. Estas práticas impedem a infiltração das águas no subsolo fazendo com que escoem diretamente para os rios, ocasionando perdas de solo e aumento da vazão dos mesmos. As instalações urbanas também acentuam a gravidade das inundações, como loteamentos residenciais e sistemas viários instalados nas planícies aluviais sujeitas às inundações, bem como as obras de engenharia (canalizações e retificações de canais, comportas e barragens) que interferem no ciclo hidrológico. A situação ainda se agrava quando essas obras são mal estruturadas e dimensionadas, e quando ocorre o rompimento de barragens e o acúmulo de lixos e entulhos nos canais fluviais, acentuando o trasbordamento (HERRMANN org., 2005).

A incapacidade temporária dos canais de drenagem suportarem o volume de água que recebem é na maioria das vezes ocasionada pelas interferências humanas, através de mudanças em áreas marginais aos cursos de água como, aterros, impermeabilizações com estradas e edificações, além das retificações dos canais, como pode ser observado no baixo curso do Rio Forquilhas, área da pesquisa onde há vários registros de inundações.

A população que possui maior poder aquisitivo tende a habitar locais seguros, ao contrário das populações carentes que ocupam áreas de alto risco, provocando com isso problemas sociais que se repetem a cada cheia. Quando as inundações possuem frequência baixa, a população ganha confiança e despreza o risco, aumentando o crescimento nas áreas inundáveis. A ocupação de áreas urbanas impróprias pode ser evitada através do planejamento do uso do solo, regulado pelo Plano Diretor Urbano das cidades (TUCCI, 1997).

Embora as inundações sejam fenômenos naturais, que se verificam periodicamente por ocasião das chuvas excepcionais em determinados setores do leito maior dos cursos d'água, para entendê-las, é necessário uma análise no âmbito de bacias hidrográficas, onde possam ser considerados vários fatores, entre eles, os fatores climáticos, as características físicas e as modificações causadas pelo homem, pois qualquer modificação causada no sistema de drenagem acaba gerando desequilíbrios que agravam os impactos ambientais a jusante (HERRMAN, 1999).

No Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina, organizado por Herrmann (2005), as enchentes em Santa Catarina, no período de 1980 - 2003, ocorreram devido à relação existente com os episódios pluviais intensos decorrentes da passagem de frentes frias, de frentes frias estacionárias e outros eventos que estiveram associados com a circulação atmosférica em escala global, como o fenômeno *El Niño* - Oscilação Sul.

Na mesorregião da Grande Florianópolis, foram computados 288 desastres naturais ao longo de 24 anos. As inundações, com um total de 204 registros (70,8%), representaram o maior número, sendo 132 (45,8%) episódios de inundações graduais e 72 (25%) de inundações bruscas. Dentro destes episódios, o município de São José foi um dos que apresentou os maiores números de registros de inundações, com 33 no total, já com a atualização dos dados até o ano de 2008. Nessa mesorregião os 5 municípios mais impactados foram: Florianópolis (38), São José (33), Biguaçu (24), Palhoça (21) e Antônio Carlos (21) (HERRMANN org., 2005).

Sendo assim, o mapeamento das áreas suscetíveis a inundações poderá fornecer importantes informações para elaboração de Planos de Ações Preventivas a ocupação humana em áreas de riscos, ou seja, Planos de Ações adotando medidas que auxiliem no direcionamento das ocupações para locais adequados evitando perdas de vidas e de bens materiais.

## **2.7 Mapeamento de Áreas Suscetíveis a Inundações e Escorregamentos**

O estudo direcionado ao mapeamento de áreas suscetíveis a inundações e escorregamentos é de fundamental importância, principalmente na realização de planejamentos urbanos, pois fornecem subsídios na execução de Planos Diretores, Planos de Ações Preventivos a desastres, bem como na tomada de decisão para amenizar, reduzir ou até mesmo eliminar as situações de riscos (CRISTO, 2002).

A importância da identificação e do mapeamento das áreas suscetíveis a inundações e escorregamentos na bacia do rio Forquilhas contribuirá para a elaboração de planejamentos preventivos e de ordenamento da ocupação humana para os locais adequados.

No caso específico das inundações, o mapeamento das cotas máximas de cheias facilita o zoneamento urbano e periurbano, e com isso o poder municipal poderá caracterizar com facilidade as áreas *non aedificandi* e *áreas aedificandi com restrições*, o que é determinante no desenvolvimento de Planos Diretores que visem o equilíbrio entre a ocupação antrópica e os condicionantes ambientais (CASTRO 1996).

De um modo geral, os principais tipos de mapeamentos são a análise a partir da distribuição dos deslizamentos no campo; os mapeamentos heurísticos; os modelos estatísticos; os modelos determinísticos e o zoneamento de risco (FERNANDES et al., 2001 e DAI et al., 2002). Pode-se citar também o método *Booleano* (operadores lógicos) e a Média Ponderada. Muitas destas metodologias se complementam, e são usadas em combinação nos mapeamentos de áreas suscetíveis a escorregamentos.

a) **Análises a partir da distribuição dos escorregamentos no campo (inventário):** esta metodologia pressupõe que a distribuição das cicatrizes, depósitos e deslizamentos recentes podem sugerir futuros padrões de comportamento das instabilidades, como por exemplo, os mapas de inventário. O inventário pode ser preparado pela coletânea de informações históricas sobre eventos de escorregamentos, ou de interpretação de fotografias aéreas com checagem de campo. O problema desta metodologia é que não identifica áreas que podem estar suscetíveis a escorregamentos, a menos que já tenham ocorrido na área;

b) **Análises a partir de mapeamentos geomorfológicos e/ou geotécnicos (Heurístico):** o mapa de suscetibilidade nesta metodologia é elaborado a partir da combinação de vários mapas temáticos, onde são definidos notas e pesos a cada fator condicionante da instabilização, a partir da experiência adquirida. Este procedimento se tornou comum nos últimos tempos, principalmente com o desenvolvimento dos SIG's, mas ainda possui limitações para o uso generalizado. Entretanto, esta metodologia é criticada pela subjetividade, pois depende do conhecimento do problema pelo pesquisador, mas também pelos critérios que são diferentes para cada especialista, dificultando a comparação;

c) **Modelos com bases estatísticas (estatísticos):** foram desenvolvidos com o intuito de uma menor subjetividade. O princípio desta metodologia é a existência de relações funcionais entre os fatores condicionantes da instabilização e a distribuição dos escorregamentos, tanto atuais como os antigos. Estimativas estatísticas são feitas para áreas comumente livres de escorregamentos, mas onde existe condição similar. Acredita-se que os fatores que causaram a instabilidade em um local no passado, serão os mesmo que gerarão escorregamentos futuros. Os critérios e as regras de combinações são baseados em fatos, ao invés da experiência do pesquisador, necessitando de um extenso banco de dados, dificultando a pesquisa;

d) **Modelos determinísticos:** são utilizados modelos com bases físicas que controlam a estabilidade das encostas, sendo mais utilizado para áreas pequenas. A vantagem desse modelo é quantificar fatores os de segurança, e as limitações estão associadas ao conhecimento incompleto dos processos envolvidos e a dificuldade de obtenção dos dados necessários para os modelos, principalmente quando usados para grandes áreas;

e) **Método Booleano:** envolve a combinação lógica de mapas binários, onde cada mapa pode ser entendido como um plano de informação e sua combinação dá suporte a uma hipótese. Inicialmente todas as classes dos planos de informações (PI) são reagrupadas em favorável (peso 1) e não favorável (peso 0), depois são somados os PIs e divididos pelo número dos mesmos, sendo classificados em classe Não-favorável e Favorável, gerando-se assim o mapa de suscetibilidade *booleano*. A desvantagem do método Booleano se dá pela generalização excessiva e a rigidez do produto final, onde não é possível hierarquizar os diferentes níveis de suscetibilidade. Por outro lado, esse método permite boa demarcação das áreas não-favoráveis a escorregamentos, e também praticidade e simplicidade na execução do mapeamento (MARCELINO e FORMAGIO, 2004);

f) **Média ponderada:** é baseado nos mapas heurísticos, onde cada mapa recebe um peso diferente definido de modo qualitativo, dependendo da importância para a hipótese considerada, bem com suas classes. A desvantagem está no caráter linear da ponderação das evidências e a subjetividade na determinação dos pesos dos parâmetros. A grande vantagem é que o mapa ponderado pode ser ajustado, permitindo graduar as classes de suscetibilidade, favorecendo a priorização de

medidas preventivas e o planejamento das situações emergenciais (MARCELINO e FORMAGIO, 2004).

No Brasil e nos demais países do mundo diferentes metodologias vêm sendo aplicadas no mapeamento das áreas de risco, principalmente relacionadas a escorregamentos. Porém, em virtude da complexidade e da dificuldade em realizar mapas de riscos de qualidade, que necessitam da identificação e caracterização das ocorrências em combinação com a previsão espaço-temporal dos danos, o que se tem feito no Brasil, mas que nem por isso são menos importantes, são os mapas de suscetibilidade a escorregamentos, que expressam a potencialidade de ocorrência em função das condições do local, sem estimar um período de tempo específico, que muitas vezes são confundidos com mapas de risco (SAITO, 2004).

A diferença entre a pesquisa sobre suscetibilidade da pesquisa de risco é que na primeira as bases principais são as que descrevem o meio físico (mapa de geomorfologia, de geologia, de declividade etc.). Já as análises de risco incluem informações sobre as condições de instalações e infraestruturas humanas, quantificando e prevendo as perdas das mesmas.

Percebe-se que quando o estudo é sobre a suscetibilidade, não é necessário quantificar e prever as perdas econômicas e sociais, mas sim a análise do processo em si. Dessa forma, o estudo de suscetibilidade a movimentos de massa tem por objetivo delimitar as áreas mais suscetíveis à ocorrência destes processos, a partir da análise de suas causas e mecanismos (DIAS e HERRMAN, 2002).

Sendo assim, nesta pesquisa será enfatizada a característica inerente do meio físico, pretendendo identificar os locais sujeitos a situações de riscos futuramente, com ênfase a uma análise qualitativa da área de pesquisa, embora se tenha consciência da importância da análise quantitativa. Este mapeamento é um passo importante para realização de futuras pesquisas pontuais e aprofundadas nas áreas suscetíveis identificadas, tanto se referindo à probabilidade de ocorrência de desastres naturais, quanto à intensidade dos processos que os condicionam nestes locais. O próximo capítulo é referente aos conceitos sobre sensoriamento remoto e geoprocessamento, indispensáveis para a realização dos mapas deste trabalho

## 2.8 Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento

O Sensoriamento remoto pode ser brevemente conceituado como a obtenção de informações sobre um objeto, sem contato físico com o mesmo. É a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves etc., com o objetivo de adquirir informações sobre objetos ou fenômenos, sem que haja contato direto entre eles, através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta terra em suas mais diversas manifestações. Os sensores são os equipamentos capazes de coletar a energia proveniente do objeto, e convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentá-lo em forma adequada à extração de informações (NOVO, 1989).

Os processos desenvolvidos em análises de sensoriamento remoto se agrupam em duas fases: a aquisição de dados, relacionada com os processos de detecção e registro da informação; e a fase de utilização/análise dos dados, que compreende o tratamento e a extração de informações dos dados obtidos.

Interagem na fase de aquisição de dados a radiação eletromagnética, fonte de radiação, efeitos atmosféricos, comportamento espectral dos alvos e sistema sensor. A radiação eletromagnética (REM) possui principal importância para o sensoriamento remoto, pois ao se propagar pelo espaço ela interage com superfícies ou objetos, sendo por estes refletidos, absorvidos e/ou reemitidos. O fluxo depende fortemente das propriedades físico-químicas dos elementos irradiados, e o fluxo resultante constitui uma valiosa fonte de informações a respeito daquelas superfícies ou objetos (ROSA, 1995).

Os sensores são constituídos basicamente por um coletor e um sistema de registro. São utilizados na aquisição e registro de informações de alvos e podem ser classificados como: **ativo** (envia a energia e recebe-a de volta); **passivo** (utiliza a REM vinda do sol); **óptico** e **microondas** (quanto à região do espectro eletromagnético (EEM) em que atua); **imageador** (resultado final é uma imagem) e **não-imageador** (quanto ao formato de dado produzido). São exemplos de sensores remotos os sistemas que adquirem imagens da superfície terrestre a bordo de plataformas sub-orbitais (aviões) ou orbitais (satélites) (ROSA, 1995).



A realização de trabalhos que utilizam fotografias aéreas ou imagens de satélite com fins de levantamento, monitoramento ou mapeamento devem seguir algumas etapas que são: definição dos objetos, escolha da área de estudo, solicitação dos produtos, revisão bibliográfica, coleta dos dados, interpretação visual preliminar, trabalho de campo, interpretação final e relatório (ROSA, 1995).

As técnicas de sensoriamento remoto, com a obtenção de fotografias aéreas e imagens de outros sensores (satélite, radar), são úteis para vários tipos de estudos diretamente ligadas aos trabalhos de: planejamento urbano, monitoramento de cidades, aproveitamento do solo agrícola, rede viária, geologia, solos, transportes, uso da terra, controle ecológico, serviços públicos, e principalmente, as imagens aéreas são imprescindíveis para a elaboração de mapas (CAMPBELL, 1996).

O uso de imagens de sensoriamento remoto permitem um estudo uniforme da região, mesmo em locais de difícil acesso. A quantidade e a disponibilidade de informações contidas nas fotos possibilitam refazer o estudo ou voltar a considerar um elemento de interesse a qualquer hora, independente das condições atmosféricas, sendo uma fonte precisa e confiável (SANTOS, 2001).

Com a evolução da tecnologia do geoprocessamento e de *softwares* gráficos, vários termos surgiram para as várias especialidades. O geoprocessamento é o conceito mais abrangente e representa qualquer tipo de processamento de dados georeferenciados, sendo de fundamental importância para a confecção de mapas, constituindo-se, atualmente, na mais poderosa ferramenta ou conjunto de ferramentas utilizadas para a coleta, tratamento de informações espaciais, desenvolvimento e uso de sistemas que as utilizam (RODRIGUES, 1990).

Câmara (1996) conceitua o geoprocessamento como “um conjunto de ferramentas com função de adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais”. Possibilitam a integração de informações geográficas provenientes de diversas fontes, podendo ser usados em estudos relativos ao meio ambiente e recursos naturais, na pesquisa da previsão de determinados fenômenos ou no apoio a decisões de planejamento.

Também possui a finalidade de gerar, gerenciar, analisar, simular e apresentar informações sobre a superfície terrestre, agregando um conjunto de

ciências e tecnologias, disponibilizando as informações processadas no ambiente computacional em sistemas de informações geográficas (ROCHA, 2003).

Existem diversos tipos de *softwares* no mercado para a execução de várias funções do geoprocessamento. São direcionados a base cartográfica, ao mapeamento temático, ao cadastro técnico e ao processamento de imagens. Dentre os *softwares* existentes, pode-se citar o SPRING, que são um conjunto de ferramentas voltadas à coleta e tratamento de informações espaciais, além da geração de saídas na forma de mapas convencionais, relatórios, arquivos digitais, e outros, devendo prover recursos para armazenamento, gerenciamento, manipulação e análise de dados.

A principal característica do SPRING é integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno, além de oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise e ferramentas para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados geocodificados (SPRING/INPE, 1996).

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

Os procedimentos metodológicos adotados na presente pesquisa consistem na análise dos desastres naturais ocorridos na bacia do rio Forquilhas, referentes às inundações e aos escorregamentos que causaram impactos ambientais e sócio-econômicos no período de 1980 a 2008.

Ainda, foram elaborados mapas que serviram de base e apoio para a integração dos diversos elementos estudados, como, por exemplo, os mapas planialtimétrico, hipsométrico e de evolução do uso e cobertura da terra de 1973 a 2008. Também foram elaborados mapas temáticos referentes aos aspectos físicos que podem propiciar a ocorrência de uma inundação ou de um escorregamento, entre eles podem-se citar os mapas de geologia, geomorfologia, formas das encostas, solos e declividade.

No desenvolvimento da pesquisa realizaram-se trabalhos de campo e de escritório, com o uso de ferramentas de geoprocessamento, obtendo como produto final o mapa das áreas suscetíveis a inundações e escorregamentos da bacia do rio Forquilhas.

#### **3.1 Levantamento e Sistematização de Dados e Materiais Cartográficos**

##### **3.1.1 Dados dos Desastres Ocorridos na bacia do rio Forquilhas**

Os dados dos desastres naturais, referentes às inundações e aos escorregamentos na área de estudo no período de 1980 a 2008, foram obtidos na tese de Herrmann (1999), na monografia de Souza (2006) e a partir dos Relatórios dos Eventos Adversos, obtidos na Defesa Civil do Estado de Santa Catarina DEDC/SC, originados a partir dos Formulários de Avaliação de Danos (AVADANS) preenchidos pelas prefeituras. Desta forma, originou-se uma tabela contendo o registro dos desastres naturais na bacia do rio Forquilhas, possuindo informações sobre o tipo de desastre ocorrido na área de estudo, a data e o número de desabrigados e mortos.

### 3.1.2 Totais de Precipitação Diários e Horários

Os totais de precipitação diários foram utilizados na presente pesquisa para fazer o estudo e a análise das precipitações que ocasionaram inundações e escorregamentos na bacia do rio Forquilhas, tendo sido gerados os gráficos das precipitações diárias referentes aos dias em que ocorreu algum tipo de desastre, o gráfico da precipitação anual de 1980 a 2008 e o gráfico da precipitação média mensal de 1980 a 2008. Também foram geradas as tabelas dos totais mensais de precipitação (1980 – 2008) e dos índices pluviométricos diários relacionados aos meses em que ocorreram desastres na área de estudo (1980 – 2008). Esses dados foram obtidos no Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina e na Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (CIRAM/EPAGRI), provenientes da Estação Meteorológica de São José – SC, n° 83897.

Os totais horários de precipitação obtidos no 8º DISME/INMET em Porto Alegre – RS foram utilizados em alguns casos para o melhor entendimento sobre a origem das inundações e/ou escorregamentos ocasionados pelos grandes volumes de precipitação na área de estudo.

### 3.1.3 Dados de Maré

Os dados de maré foram utilizados para complementar a análise do capítulo sobre os desastres ocorridos na bacia do rio Forquilhas, pois a maré alta ocasiona o represamento do rio em sua foz, e em associação com as precipitações concentradas, elas podem potencializar a origem de inundações. Esses dados foram obtidos da monografia de Souza (2006), o qual tem como fonte o Centro de Hidrografia Marinha do Rio de Janeiro, referente à estação 60245 do porto de Florianópolis. Essa estação está localizada nas coordenadas geográficas Latitude sul 27° 35' 3'' e 48° 33' 4'' Longitude oeste, possuindo 32 componentes harmônicas e nível médio de 63.60 cm.

As componentes harmônicas são as ondas sinusoidais com frequência determinada pelo efeito exclusivo da ação de forças astronômicas e que compõem a onda de maré. A cada componente estão associadas as suas constantes harmônicas  $h$  (amplitude da componente no local) e  $g$  (diferença de fase da

componente real em relação à componente teórica). É feito um nível de redução (NR), que é um plano de referência no qual todas as profundidades cartografadas estão relacionadas. Portanto, as alturas das marés são geradas através da previsão harmônica referidas ao NR adotado para a confecção das cartas citadas para os diversos portos e barras (DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO - PREVISÕES DE MARÉS, 2009).

### **3.1.4 Base Cartográfica**

Os materiais cartográficos utilizados como base nesta pesquisa são compostos por 53 cartas digitais planialtimétricas, em escala 1:2.000, possuindo topônimos como curvas de nível mestras e intermediárias (a cada 1 metro), rodovias pavimentadas e não pavimentadas, edificações, construções, limites de bairros e municípios, estação de tratamento de água/esgoto, rios perenes e intermitentes e pontos cotados. Esse material foi elaborado pela Empresa Aeroimagem S/A no ano de 1997 e atualizado no ano de 2001, adquiridos junto à Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Urbano e Social (SEPLAN) na Prefeitura Municipal de São José (PMSJ). Estas cartas originaram o mapa planialtimétrico, utilizado como mapa base nesta pesquisa.

### **3.1.5 Fotos Aéreas**

Para originar o mapa de geomorfologia foram utilizadas as fotografias aéreas de 1978 na escala 1:25.000, adquiridas junto à Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico e Integração ao Mercosul de Santa Catarina, voo realizado pela Empresa Aerofoto Cruzeiro do Sul - (RJ).

### **3.1.6 Imagens de Satélite**

Foram utilizadas as imagens do satélite Landsat 1 sensor MSS do dia 18/08/1973 (bandas 4, 5 e 7), do satélite Landsat 5 sensor TM dos dias 14/11/1985 (bandas 1 a 7) e 05/09/1995 (bandas 3, 4 e 5) e do satélite CBERS-2B sensor CCD do dia 02/02/2008 (bandas 1, 2, 3 e 4), com resoluções espaciais nominais de 80 m (MSS), 30 m (TM) e 20 m (CCD). Tais imagens originaram os mapas de uso e ocupação da terra de 1973 a 2008 e foram adquiridas no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

### 3.2 Trabalhos de Campo

Os trabalhos de campo foram realizados para auxiliar a fotointerpretação e identificar os locais onde ocorreram desastres naturais. A etapa dos trabalhos de campo é de fundamental importância, pois possibilita sanar dúvidas a respeito dos locais atingidos por inundações nas planícies aluviais e escorregamentos nas encostas, assim como, identificar os problemas ambientais existentes, realizar entrevistas com os moradores das áreas de risco, além de complementar o mapeamento realizado.

### 3.3 Trabalhos de Escritório

Nesta etapa foram utilizados os Laboratórios do Departamento de Geociências da UFSC, principalmente o Laboratório de Cartografia e Fotogrametria e o Laboratório de Geoprocessamento, e a Divisão de Sensoriamento Remoto do INPE. No Laboratório de Cartografia e Fotogrametria foi realizada a fotointerpretação para a realização do mapa geomorfológico, através da utilização de estereoscópio de bolso e de espelho. No Laboratório de Geoprocessamento foi feita a limpeza topológica (união de linhas e fechamento de polígonos) e preparação da base cartográfica para originar os mapas da pesquisa. Na Divisão de Sensoriamento Remoto do INPE foi iniciada a confecção dos mapas temáticos.

#### 3.3.1 Programas Utilizados

Para o desenvolvimento desta pesquisa utilizou-se 3 programas de processamento de dados geográficos. O aplicativo *MicroStation* 95 e V8 foram utilizados para a preparação e correção dos erros presentes na base cartográfica. O programa *ArcGis* 9.2 realizou a interpolação das isolinhas do relevo e dos pontos cotados, ajustando os dados altimétricos a uma grade regular que contém os valores de relevo interpolados para toda a área da bacia na resolução de 1 metro. Além disso, este mesmo programa realizou o cálculo da declividade. Finalmente, as informações provenientes do *MicroStation* e do *ArcGis* foram inseridas no sistema de informações geográficas denominado SPRING 5.0.4, desenvolvido pelo INPE, onde foram confeccionados os mapas planialtimétrico, hipsométrico, de geologia, geomorfologia, forma das encostas, solos, evolução do uso e cobertura da terra (1973, 1985, 1995 e 2008) e os mapas finais das áreas suscetíveis a inundações e escorregamentos.

### 3.3.2 Pré-Processamento dos Dados

Foi realizado um pré-processamento das 53 cartas digitais planialtimétricas com o objetivo de corrigir e preparar os dados para a sua inserção no banco de dados e outros programas de inferência geográfica. As cartas foram inseridas no programa *MicroStation 95* e agregadas em um só arquivo, cujas informações possibilitaram a delimitação da bacia do rio Forquilhas. Posteriormente, realizou-se a correção dos erros das curvas de nível presentes na base cartográfica (para uma mesma isolinha havia segmentos com valores divergentes ao valor correto). Para resolver este problema, as isolinhas passaram por um processo de limpeza topológica a partir do programa *GEOGRAPHICS*, um aplicativo do *MicroStation 95*, e no *MicroStation V8* foi realizada a união completa e padronização dos valores.

Para as imagens de satélite primeiramente foram corrigidas as distorções radiométricas e geométricas inseridas pelo sensor no processo de formação das imagens (*yaw, pitch, roll*). Posteriormente, aplicou-se um realce a partir de técnicas que propiciam uma melhor qualidade visual, melhorando a visualização e a extração de informações intrínsecas à cena. Após essas etapas pôde-se dar início à confecção dos 14 mapas desta pesquisa, como descrito a seguir:

### 3.3.3 Mapa Planialtimétrico

O mapa planialtimétrico pode ser definido como o mapa base desta dissertação. Nele é comum encontrarmos informações de elementos básicos de localização, como: elementos de referência ligados aos sistemas de projeções, caracterizados pelas coordenadas esféricas (latitude/longitude) e pelas coordenadas planas (UTM); elemento de sistematização, caracterizado pela série cartográfica; e elemento de proporção, caracterizado pela escala. Sobre esta base matemática se inserem elementos altimétricos, caracterizados pelas curvas de nível e pelos pontos cotados, e, elementos planimétricos, caracterizados pela hidrografia, pela vegetação, rede viária, entre outros (CASTRO, 2000).

Neste trabalho, o mapa planialtimétrico é composto por curvas topográficas, topônimos que descrevem o valor das principais cotas altimétricas, os pontos cotados, a hidrografia (composta pelo rio Forquilhas e seus afluentes), as estradas e os nomes das principais rodovias e bairros. Ainda, optou-se por inserir isolinhas de 1

em 1 metro até a cota 10m, logo em seguida foi acrescentado a cota 15m e a partir delas as isolinhas foram plotadas com equidistância de 10 metros. Todo o processamento realizado para a confecção do mapa planialtimétrico foi realizado no programa SPRING.

### 3.3.4 Mapa Hipsométrico e de Declividade

Após obter as isolinhas de relevo corrigidas no *MicroStation V8*, estas foram exportadas para um formato compatível com o *ArcGis*. Desta forma, os dados que eram representados por amostras pontuais em forma de linha foram interpolados a partir de uma função que cria a grade contínua prevendo uma superfície 3D. A função de interpolação faz uma previsão das amostras para toda a representação da grade, independente se existam ou não informações daquele determinado local. Após a criação de uma grade regular referente ao relevo da bacia, extraiu-se o mapa de declividade, que corresponde à inclinação da superfície do terreno em relação a um plano horizontal, assim como o mapa hipsométrico, que se refere ao agrupamento do relevo em degrade de cores que demonstram as diferentes altitudes da área de estudo.

A base cartográfica (grade regular) originada do processamento das isolinhas no *ArcGis* foi importada como um Modelo Numérico de Terreno (MNT) para o SPRING e fatiada para um Plano de Informação (PI) temático, nas quais as classes de altitudes em metros foram definidas em degrade de cores: 0 a 3, 3 a 5, 5 a 20 (fatiadas a cada 5 metros), 20 a 100 (fatiadas a cada 20 metros) e 100 a 550 (fatiadas a cada 50 metros). Após esse procedimento foi realizada a edição final com a inserção da hidrografia, da malha viária e dos pontos cotados.

Assim como no mapa hipsométrico, os dados de declividade originados no *ArcGis* (com resolução espacial de 2m) foram inseridos no SPRING na forma de um MNT e fatiados de acordo com os aspectos da legislação vigente (Plano Diretor do município de São José), correspondentes às classes 0 – 5.2 (3°), 5.2 – 17 (9.6°), 17 – 30 (16.7°), 30 – 57.77 (30°), 57.7 – 100 (45°) e < 100, sendo transformadas posteriormente em uma categoria temática, inserindo-se a hidrografia, a malha viária e os pontos cotados na edição final, na qual foi possível utilizar o mapa para a ponderação da técnica AHP e realizar as medidas de cada classe.



### 3.3.5 Mapa Geológico

Como já existem diversos trabalhos sobre a geologia que engloba a área de estudo, não foi objetivo desta pesquisa elaborar outro mapa geológico. O mapa base de geologia foi extraído da dissertação de Pires (2000), em escala 1:50.000. O autor adotou os mapas geológicos da Região Metropolitana de Florianópolis elaborados por Pires (1997) e Zanini et al. (1997). Desta forma, com a realização de outros levantamentos de campo, foram feitas algumas adaptações, originando, assim, o mapa Geológico da Área Conurbada de Florianópolis. Esse mapa foi escaneado e inserido no *software MICROSTATION V8*, no qual foi feito o recorte para a bacia do rio Forquilhas e posterior georreferenciamento. Após esse procedimento, o arquivo foi transferido para o SPRING, onde as unidades litológicas constituídas pelas Suítes Intrusivas São Pedro de Alcântara e Pedras Grandes, pelo Complexo Granito-Gnáissico e pelos Depósitos Aluvionares, Colúvio-Alúvio-Eluviais e Síltico-Argilo-Arenosos foram digitalizadas e constituídas como polígonos fechados. As falhas geológicas presentes na área de estudo também foram digitalizadas, e então foi feita a edição final, com a inserção do símbolo das áreas de mineração, da hidrografia, da malha viária e dos pontos cotados.

### 3.3.6 Mapa Geomorfológico

O mapa geomorfológico foi confeccionado a partir da fotointerpretação das fotografias aéreas em escala 1:25.000 do ano de 1978, além de verificações em campo para sanar possíveis dúvidas na área de estudo. No mapa planialtimétrico as formas de relevo foram digitalizadas como polígonos fechados, compostas pelos topos planos, pelos modelados de dissecação em montanha, outeiro e colina e pelos modelados de acumulação flúvio-marinha, terraço fluvial e rampas colúvio-eluviais. Posteriormente, outras feições do relevo foram digitalizadas, como as formas interiormente deprimidas, os interflúvios convexizados principais e secundários, as ombreiras, as rupturas de declive e os colos. Após essas etapas, foi feita a edição final com a inserção da hidrografia, da malha viária e dos pontos cotados.

### 3.3.7 Mapa das Formas das Encostas

O mapa das formas das encostas foi definido através do mapa geomorfológico. Os topos planos e os modelados de acumulação flúvio-marinha, terraço fluvial e rampas colúvio-eluviais, presentes no mapa geomorfológico, foram

transferidos para o mapa planialtimétrico, onde as formas de encostas côncavas, convexas e retilíneas foram digitalizadas como polígonos fechados. Posteriormente, foram digitalizadas outras feições, como os grotões e os vales em V e U, para então ser feita a edição final com a inserção da hidrografia, da malha viária e dos pontos cotados.

### **3.3.8 Mapa de Solos**

Para a elaboração deste mapa utilizou-se como referência o mapa do Levantamento de Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos, escala 1: 50.000, elaborado pelo IBGE (2004), seguindo a classificação proposta pela EMBRAPA (1979). O arquivo foi transferido para o SPRING, no qual foi feito o recorte para a bacia do rio Forquilhas. Após esse procedimento, os diferentes tipos de solos, compostos pelos solos CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (Cxbd21), ARGISSOLO-VERMELHO-AMARELO Distrófico (PVA9, PVA14 e PVA17), GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (Gxdb1) e CAMBISSOLO FLÚVICO Tb Distrófico (Cubd2, Cubd3 e Cubd7) foram digitalizados como polígonos fechados, para então ser feita a edição final, com a inserção da hidrografia, da malha viária e dos pontos cotados. Para melhor representar as informações a respeito dos solos, elaborou-se um perfil de solo, chamado de P1 (ponto 1), localizado próximo à Estação de Tratamento da CASAN, no bairro Potecas.

### **3.3.9 Mapa de Uso da Terra de 1973 a 2008**

Os mapas de Uso da Terra foram elaborados através das imagens de satélite dos dias 18/08/1973 (MSS/Landsat 1), 14/11/1985 e 05/09/1995 (TM/Landsat 5) e 02/02/2008 (CCD/CBERS 2B). Após a etapa de pré-processamento foram realizadas a segmentação (partição da imagem em regiões com características semelhantes) e posterior classificação (a partir de técnicas de reconhecimento de padrões). Na segmentação a imagem foi particionada em regiões (conjunto de pixels contíguos) que se espalham bidimensionalmente e apresentam uniformidade em relação a um dado atributo (FONSECA, 2000). Foi utilizado o método crescimento por regiões<sup>1</sup>,

---

<sup>1</sup> Neste método, para cada região, são calculados atributos espectrais como, por exemplo, média, variância e textura. A agregação das regiões é feita a partir de critérios de similaridade e limiar, geralmente o critério de similaridade baseia-se em um teste de hipótese estatístico que testa a média entre as regiões (SPRING/INPE, 1996).

adotando-se como similaridade o parâmetro 8 e limiar 12, estes valores correspondem às áreas de interesse da aplicação e aos atributos que devem ser extraídos.

Após a segmentação das imagens dos anos de 1973, 1985, 1995 e 2008 foram exportados os atributos (linhas e polígonos) para uma classe temática e atribuídos para cada polígono um atributo espacial, ou seja, a imagem passou por uma classificação supervisionada, sendo que as classes foram agrupadas em: áreas urbanas, vegetação arbórea, vegetação herbáceo-arbustiva, solo exposto, campos, hidrografia e queimadas. Posteriormente, foi inserida a hidrografia, resultando no mapa de uso e ocupação da terra da área de estudo para os anos citados.

### **3.3.10 Mapa das Áreas Suscetíveis a Inundações**

Para a elaboração do mapa final das áreas suscetíveis a inundações obteve-se como referência o trabalho realizado por Hermann et al. (2000) e Herrmann e Cardozo (2008), que determinaram a altura das inundações dos bairros da área de estudo, considerando as respostas dadas a respeito das marcas da água coletadas durante a aplicação de 100 questionários entre os moradores da bacia do rio Forquilhas. As diferentes alturas das inundações foram inseridas no mapa planialtimétrico, com curvas de nível a cada 1 metro, e, então, realizado um novo mapeamento em outros locais da bacia com cotas superiores a 5 metros, com a finalidade de identificar outras possíveis áreas inundáveis.

Posteriormente, as diferentes classes de inundações foram digitalizadas como polígonos fechados, no qual o nível hierárquico final das alturas das inundações foi delimitado em muito alto (cota 0 a 1), alto (cota 1 a 2), médio (cota 2 a 3), baixo (cota 3 a 4) e muito baixo (cota 4 a 8). A edição final foi realizada inserindo-se a hidrografia, a malha viária e os pontos cotados. Através do censo socioeconômico do IBGE (2000), que forneceu informações sobre o número de moradores e de residências da área de estudo, foi feita então a quantificação das residências e das pessoas inseridas em cada classe de inundações.

### **3.3.11 Mapa das Áreas Suscetíveis a Escorregamentos**

O mapa das áreas suscetíveis a escorregamentos teve como base o cruzamento de cinco mapas temáticos (geologia, geomorfologia, solos, formas das

encostas e declividade), o qual envolveu duas fases de trabalho, uma fase teórica, no qual foram definidos os critérios do cruzamento dos mapas temáticos, e outra fase operacional, que envolveu a manipulação da técnica AHP (Processo Analítico Hierárquico) implementada no SPRING para a realização do mapa final.

### Fase Teórica

Nesta fase foram determinados os procedimentos para o cruzamento dos mapas temáticos, realizado a partir da técnica AHP do SPRING. Desta forma, para cada mapa confeccionado foram aplicados pesos diferenciados em função de sua importância para a ocorrência de escorregamentos. O quadro 1 representa os pesos dos mapas temáticos e os quadros 2 a 6 apresentam os pesos de cada classe.

**Quadro 1:** Pesos para os Mapas Temáticos.

<b>Mapas Temáticos</b>	<b>Pesos</b>
Geologia	0.058
Geomorfologia	0.131
Forma das Encostas	0.315
Solos	0.039
Declividade	0.423

**Quadro 2:** Pesos para as Classes do Mapa Geológico.

<b>Classes</b>	<b>Pesos</b>
Psyp (Suíte Intrusiva São Pedro de Alcântara)	0.8
Psyyp (Suíte Intrusiva Pedras Grandes)	0.6
Psgn (Complexo Granito – Gnáissico)	1.0
QHa (Depósitos Aluvionares)	0.0
QHca (Depósitos Colúvio – Alúvio – Eluviais)	0.4
QHI (Depósitos Síltico – Argilo – Arenosos)	0.0

**Quadro 3:** Pesos para as Classes do Mapa das Formas das Encostas.

<b>Classes</b>	<b>Pesos</b>
Encosta Retilínea	1.0
Encosta Côncava	0.8
Encosta Convexa	0.5

**Quadro 4:** Pesos para as Classes do Mapa Geomorfológico.

<b>Classes</b>	<b>Pesos</b>
Dissecação em Montanha	0.9
Dissecação em Outeiro	0.7
Dissecação em Colina	0.5
Acumulação Flúvio-Marinha	0.0
Acumulação Terraço Fluvial	0.0
Rampas Colúvio-Eluviais	0.4

**Quadro 5:** Pesos para as Classes do Mapa de Solos.

<b>Classes</b>	<b>Pesos</b>
Cxbd21 (CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico)	0.4
PVAd9 (ARGISSOLO-VERMELHO-AMARELO Distrófico)	0.8
PVAd14 (ARGISSOLO-VERMELHO-AMARELO Distrófico)	1.0
PVAd17 (ARGISSOLO-VERMELHO-AMARELO Distrófico)	0.9
GXbd1 (GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico)	0.0
CUbd2 (CAMBISSOLO FLÚVICO Tb Distrófico)	0.3
CUbd3 (CAMBISSOLO FLÚVICO Tb Distrófico)	0.4
CUbd7 (CAMBISSOLO FLÚVICO Tb Distrófico)	0.2

**Quadro 6:** Pesos para as Classes do Mapa de Declividade.

<b>Classes</b>	<b>Pesos</b>
0 – 5.2 (3°)	0.0
5.2 – 17 (9.6°)	0.4
17 – 30 (16.7°)	0.6
30 – 57.77 (30°)	0.8
57.7 – 100 (45°)	0.9
< 100	1.0

### 3.3.12 Uso da Técnica AHP

Existem vários métodos de inferência espacial que possuem o objetivo de reduzir o espaço de interpretação, geralmente presente em análises individuais. Desta forma, a integração dos dados através destas técnicas possibilitam obter

resultados que definem possíveis soluções que retratam o problema físico em estudo. Portanto, a etapa operacional realizada para originar o cruzamento dos mapas temáticos foi feita com a escolha e utilização da técnica AHP do SPRING, proposta por Thomas Saaty em 1978. Esta técnica foi proposta para abordar o problema existente devido aos diferentes fatores que contribuem para a decisão, baseada na escolha lógica da comparação pareada, permitindo determinar a contribuição relativa de cada um dos fatores na ponderação de uma decisão. Neste procedimento, os diferentes fatores são comparados dois-a-dois, e um critério de importância relativa é atribuído ao relacionamento entre estes fatores, conforme escala pré-definida (SPRING/INPE, 1996).

A técnica AHP é uma teoria com base matemática que permite organizar e avaliar a importância relativa entre critérios e medir a consistência dos julgamentos. Com base na comparação, a AHP pondera todos os sub-critérios e critérios e calcula um valor de razão de consistência entre 0 e 1, porém, deve-se obter um valor menor que 0.100 para obter uma ótima consistência. Além de tudo, essa técnica é uma das ferramentas de múltiplos critérios de decisão mais usada, e muitos trabalhos têm sido publicados baseados na AHP, que incluem a aplicação em diferentes campos como o planejamento, seleção de melhor alternativa, alocação de recursos, solução de conflitos, entre outros. A especialidade da AHP é a flexibilidade para ser integrada com diferentes técnicas, que permitem extrair benefícios de todos os métodos combinados e, conseqüentemente, atingir o objetivo pretendido de uma maneira melhor (VAIDYA e KUMAR, 2004). Portanto, a escolha da utilização da técnica AHP se deu por ser considerada a mais promissora no contexto do processo de tomada de decisão.

Os mapas escolhidos para o cruzamento (geologia, geomorfologia, forma das encostas, solo e declividade) foram inseridos na AHP, no qual foram atribuídos os critérios de importância para cada mapa, onde a razão de consistência final foi 0.078. Após essa etapa, foi gerado um script em extensão .alg, onde a ferramenta disponível no SPRING para o cálculo dos pesos gerou automaticamente um esboço de um programa em LEGAL, linguagem de programação, no qual várias informações, inclusive a escolha dos pesos para cada classe temática dos mapas escolhidos, foram completadas, fornecendo como resultado uma grade numérica referente a média ponderada das variáveis em questão.

Posteriormente, realizou-se um fatiamento das grades ponderadas, no qual foram criadas as classes hierárquicas da suscetibilidade aos escorregamentos, definidas como nula, baixa, moderada, alta e muito alta, de acordo com o quadro 7, resultando no mapa final de suscetibilidade a escorregamentos, sendo inserida a hidrografia, a malha viária e os pontos cotados para a edição final.

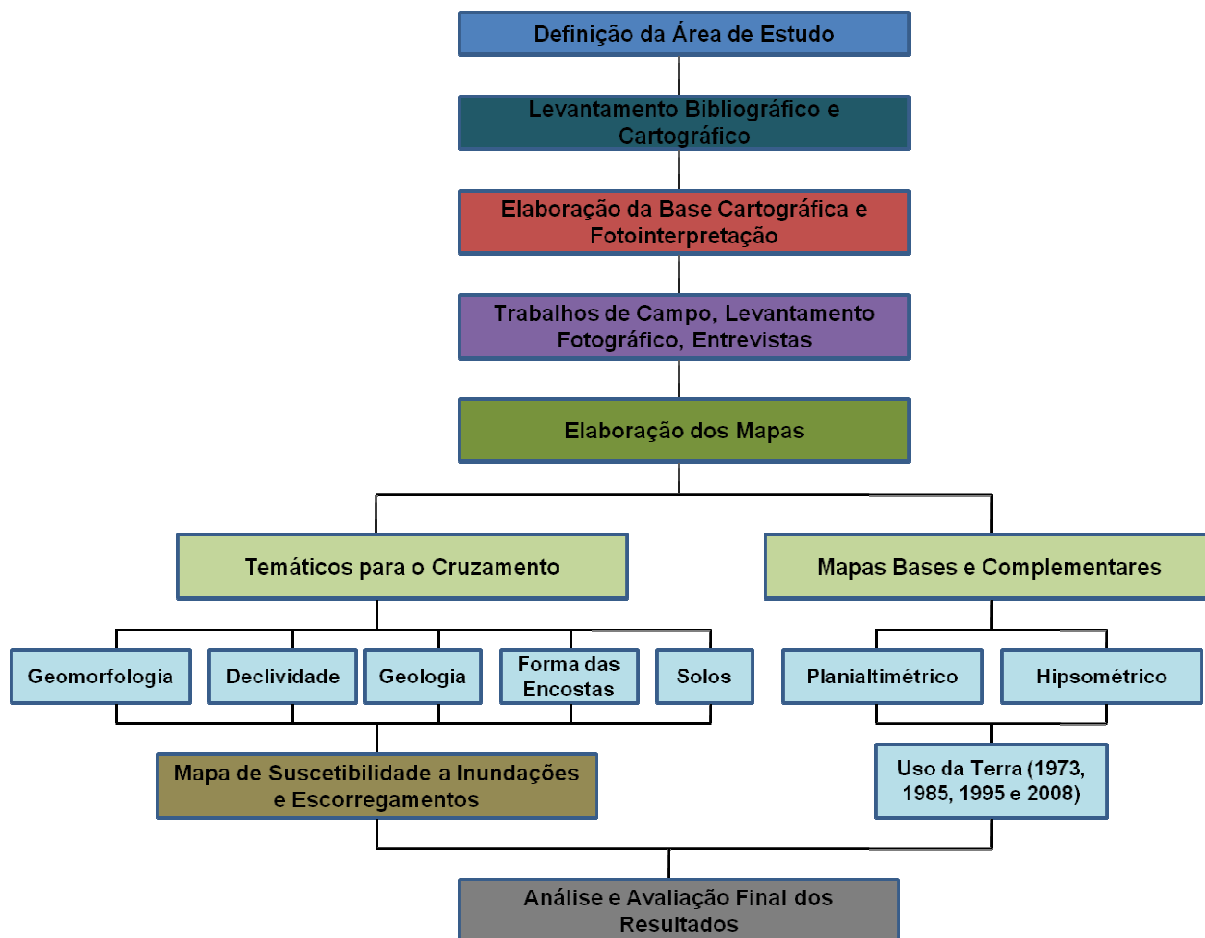
**Quadro 7:** Classes de Suscetibilidade a Escorregamentos da área de estudo.

<b>Classe</b>	<b>Características</b>
Nula	Inexistência de suscetibilidade a escorregamentos. Áreas constituídas pelas planícies com declividades baixas.
Baixa	As características do meio físico e das ocupações instaladas não apresentam grande potencialidade para desenvolver instabilizações. Áreas com baixa declividade.
Moderada	A ocupação já necessita de algum tipo de intervenção, definidas em função das características geomorfológicas, das formas das vertentes e da declividade. Áreas com reduzida potencialidade para a ocorrência de escorregamentos.
Alta	Possíveis instabilizações a curto e médio prazo, caso não sejam realizadas obras de contenção adequadas. Apresenta alta suscetibilidade à ocorrência de escorregamentos em virtude dos aspectos físicos citados na classe moderada.
Muito Alta	Sérias restrições à ocupação relacionadas com os aspectos do meio físico e com a urbanização já instalada. Possibilidade concreta de ocorrência de escorregamentos a curto e médio prazo, dadas as condições da ocupação.

**Fonte:** Adaptado de Dias (2000), Cristo (2002) e Saito (2004).

Finalmente foi feita a quantificação das residências presentes em cada classe de suscetibilidade, de acordo com o censo socioeconômico do IBGE (2000), podendo-se estimar o número de pessoas e de residências inseridas nas diferentes classes de suscetibilidade a escorregamentos.

Por fim, após todas as etapas descritas anteriormente, foi realizada a análise dos resultados e a redação final da dissertação. Todas as etapas realizadas podem ser visualizadas, de uma maneira geral, no plano de trabalho da pesquisa, presente na figura 3.1.



**Figura 3.1:** Plano de Trabalho da Pesquisa.



## **4. ANÁLISE DOS DESASTRES NATURAIS OCORRIDOS NA BACIA DO RIO FORQUILHAS DE 1980 a 2008.**

### **4.1 Eventos Adversos Ocorridos na bacia do rio Forquilhas, no Município de São José de 1980 a 2008**

Buscou-se neste capítulo analisar os desastres naturais (inundações e escorregamentos) que ocorreram na bacia do rio Forquilhas, no município de São José, durante um período de 28 anos, a partir de 1980 até 2008. O estudo foi baseado de acordo com Herrmann (1999), que realizou a análise dos fenômenos pluviais intensos que causaram danos ambientais, sociais e econômicos na área conurbada de Florianópolis até o ano de 1995 e com Souza (2006), que continuou com a análise até o ano de 2006; dados da DEDEC-SC; totais horários de precipitação; alturas da maré e dados de precipitações diárias, no qual foram então computados os eventos ocorridos na área de estudo a partir de 1980.

Existem outros fatores, que associados com a precipitação, podem potencializar os desastres naturais, tendo-se como exemplo a maré alta. As anomalias pluviais estão relacionadas ao ritmo anual da dinâmica atmosférica, e a associação de dias muito chuvosos com a altura das marés é mais um fator de análise para se estabelecer as causas das inundações na área de estudo, principalmente quando ocorre a junção entre maré alta, lua cheia e horas de concentração das chuvas (HERRMANN, 1999).

O índice de 80 mm diário foi escolhido baseado em Herrmann (1999), para fazer a análise das precipitações que podem causar inundações em uma bacia. A opção da autora pelo índice correspondeu, a princípio, à quantidade de chuva capaz de propiciar as ocorrências de inundações e escorregamentos na área de estudo. Nas grandes cidades, com solos altamente impermeabilizados, ocorrem transbordamentos dos rios com chuvas em torno de 80 mm, porém, atualmente em algumas cidades, já ocorrem inundações com precipitações inferiores a 80 mm. Na cidade de São Paulo, segundo declaração do Prof. Braga (especialista em obras contra enchentes) “não é necessário uma chuva muito forte para que o rio Tietê transborde, se o solo da cidade já estiver encharcado, uma chuva de 40 mm concentrada em poucas horas faz o rio Tietê encher e transbordar” (Folha de São Paulo, 10/01/98) (HERRMANN, 1999).

Ao longo de 28 anos foram verificados 35 episódios pluviométricos que causaram inundações e escorregamentos na área de estudo, e eles ocorreram tanto nos anos considerados como padrão normal de precipitação, quanto nos que apresentaram desvios positivos e ou/negativos, conforme tabela 2.

**Tabela 2:** Registro dos Desastres Naturais Ocorridos na bacia do rio Forquilhas, São José – SC (1980 – 2008).

	<b>Dia</b>	<b>Mês</b>	<b>Ocorrência</b>	<b>Desabrigados</b>	<b>Mortes</b>
<b>1981</b>	28	Mar.	IB		
<b>1983</b>	06	Jan.	IB	300	
	17	Dez.	IG		
<b>1984</b>	06	Ago.	IB		
	08	Nov.	IB		
<b>1985</b>	15	Fev.	IG		
<b>1986</b>	10	Out.	IB		
<b>1987</b>	14	Fev.	IG		1
	30	Dez.	IB		
<b>1988</b>	30	Mar.	IB		
<b>1989</b>	06	Jan.	IB		
<b>1990</b>	02	Jan.	IG / Esc.	4	
	10	Jan.	IG / Esc.		
	11	Fev.	IB / Esc.		
	17	Fev.	Esc.		
<b>1991</b>	14	Nov.	IB / Esc.	3.500	7
<b>1992</b>	26	Jan.	IB		
<b>1993</b>	02	Jul.	IB / Esc.		
	04	Out.	IB		
<b>1994</b>	22	Fev.	IG / Esc.	377	2
	09	Mar.	IB		
	11	Mai.	IB		
	22	Dez.	IB		
<b>1995</b>	24	Dez.	IB	4.500	
<b>1997</b>	25	Jan.	IG	1.500	
<b>2000</b>	06	Mar.	IB	44	1
<b>2001</b>	04	Fev.	IB / Esc.	18	
	30	Set.	IG	25	1
	01	Out.	IG / Esc.		
<b>2004</b>	28	Jan.	IB	110	
	10	Mar.	IB		
	08	Dez.	IB	110	
<b>2005</b>	09	Ago.	Esc.	06	
<b>2008</b>	31	Jan.	IB / Esc.	380	
<b>2008</b>	22	Nov.	IG	130	

**Fonte:** Elaborado a partir do Relatório dos Eventos Adversos – DEDC/SC, Herrmann (1999) e Souza (2006).

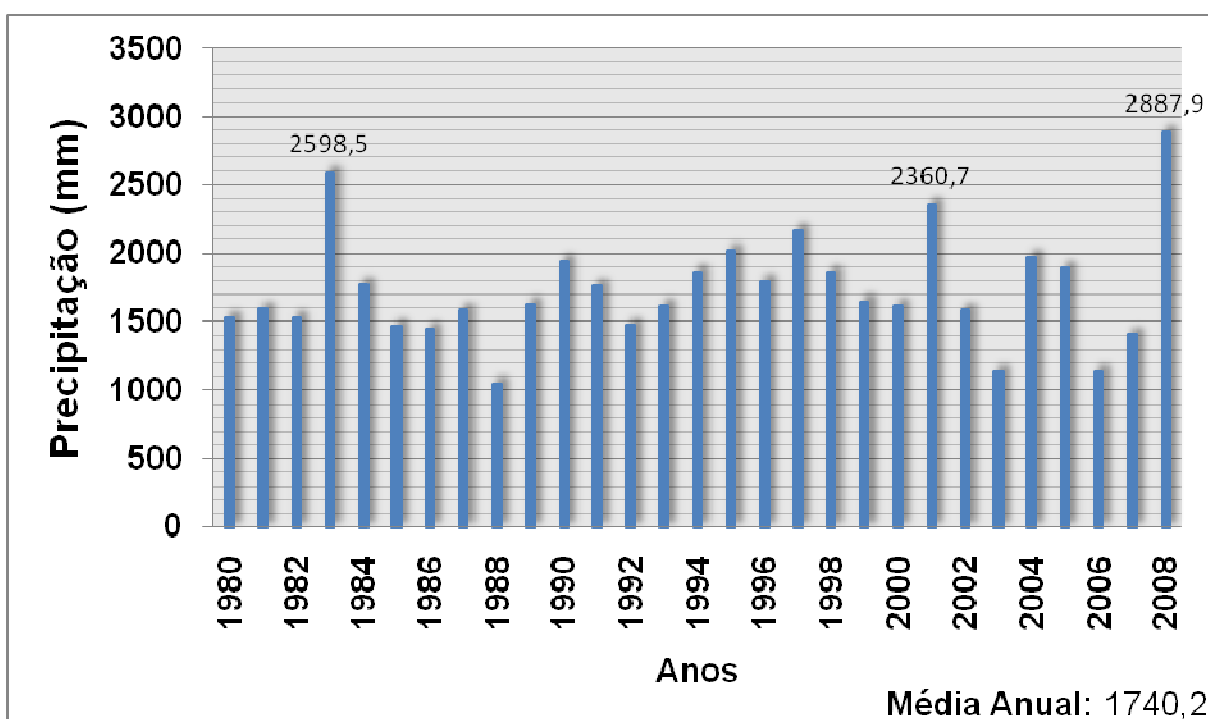
Legenda:

IG – Inundação Gradual      IB – Inundação Brusca      Esc. - Escorregamento

Pôde-se constatar que na área de estudo nem sempre o índice em torno de 80 mm de precipitação, quer concentrado num único dia ou em dias consecutivos de

chuvas, foi suficiente para desencadear inundações ou escorregamentos, podendo sim ter ocorrido em partes isoladas da bacia, porém não merecendo registros junto a Defesa Civil e imprensa. Por outro lado ocorreram inundações e escorregamentos com totais pluviais diários inferiores a 80 mm, sendo que os episódios catastróficos, de calamidade pública, estiveram associados a índices pluviais excepcionais, superiores a 200 mm diários.

Os índices pluviais anuais podem ser visualizados na figura 4.1, e a tabela 3 mostra os índices pluviais mensais de 1980 a 2008, utilizados para gerar a média mensal de precipitação desse período de 28 anos, na qual os desvios positivos e negativos puderam ser calculados. As colunas na cor cinza destacam os totais pluviométricos que superaram as médias mensais para o período de 1980 a 2008, e os números em vermelho salientam o registro de precipitações excepcionais que atingiram o índice superior a 500 mm mensais.



**Figura 4.1:** Gráfico da Precipitação Anual de 1980 a 2008.

**Tabela 3:** Totais Mensais de Precipitação (1980 – 2008).

MESES	ANOS														
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Jan.	272,2	129,9	103,3	279,2	247,5	226,1	147,1	251,9	125,7	357,6	250,9	204,1	254,5	245,2	123,1
Fev.	197,4	157,7	187,3	236,3	77,1	271,7	176,6	249,3	85,9	163,7	283,6	109,2	126,9	198,0	432,7
Mar.	86,4	292,9	443,1	151,6	138,8	229,2	155,0	110,1	191,3	125,6	161,0	69,1	240,0	130,5	237,2
Abr.	73,9	114,9	78,2	178,3	119,2	111,2	111,8	105,1	101,6	121,4	188,6	31,5	36,4	116,1	130,6
Mai.	36,3	179,4	115,7	205,0	89,8	32,6	57,8	131,9	103,9	164,7	74,8	103,8	200,1	105,0	225,2
Jun.	49,0	59,2	112,3	176,5	102,6	20,0	16,3	72,4	49,5	38,8	69,4	84,4	80,9	69,3	81,8
Jul.	153,3	86,7	23,1	513,6	91,0	65,6	51,2	67,8	4,4	68,0	175,8	12,6	148,8	185,6	117,8
Ago.	116,5	40,0	50,8	96,6	261,7	50,1	56,7	122,0	9,7	57,8	117,7	125,4	105,6	13,8	12,6
Set.	106,0	69,4	15,1	148,0	160,4	85,4	174,5	53,3	135,6	228,3	149,5	51,0	64,6	228,7	18,4
Out.	145,8	169,8	145,2	56,0	90,6	131,8	246,0	188,4	104,8	50,3	176,4	170,3	37,1	123,2	109,4
Nov.	85,1	112,8	182,9	191,9	269,5	185,0	127,1	47,7	42,8	74,0	149,3	594,9	157,6	27,4	134,1
Dez.	212,0	184,3	78,4	365,5	128,0	64,5	129,5	190,2	99,9	183,8	146,4	183,0	27,8	177,8	247,9
<b>Total</b>	<b>1533,9</b>	<b>1597,0</b>	<b>1535,4</b>	<b>2598,5</b>	<b>1776,2</b>	<b>1473,2</b>	<b>1449,6</b>	<b>1590,1</b>	<b>1055,1</b>	<b>1634,0</b>	<b>1943,4</b>	<b>1766,3</b>	<b>1480,3</b>	<b>1620,6</b>	<b>1870,8</b>
MESES	ANOS														
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Média
Jan.	357,4	206,8	625,0	305,6	260,9	264,5	172,9	229,9	113,5	375,3	211,9	183,2	87,3	354,9	240,2
Fev.	253,2	247,7	227,0	186,3	216,7	222,3	536,5	116,4	75,1	196,0	222,5	174,2	140,1	436,8	213,9
Mar.	226,9	248,4	50,0	135,7	75,9	236,2	176,1	117,2	126,1	207,8	134,0	67,8	213,7	243,0	174
Abr.	36,4	49,7	109,5	155,6	93,6	65,6	215,8	207,4	75,4	127,6	164,3	68,1	39,9	207,8	111,5
Mai.	5,7	142,6	46,7	70,1	51,0	18,1	310,2	88,2	46,3	213,8	202,0	49,2	142,0	71,9	113,2
Jun.	107,3	153,8	38,2	79,2	116,5	76,4	95,0	36,7	84,2	92,5	31,2	35,2	6,9	68,6	72,5
Jul.	56,2	108,9	87,1	93,5	158,5	50,0	82,7	98,7	23,3	83,2	76,0	41,4	174,3	8,1	100,2
Ago.	60,0	91,6	55,9	225,7	37,2	45,4	50,6	118,3	10	28,3	163,6	56,5	89,7	60,7	80,3
Set.	109,7	222,9	181,9	231,3	89,4	160,3	126,8	86,5	109,8	127,8	307,1	44,0	137,0	226,4	132,7
Out.	141,8	103,3	339,0	133,9	229,8	216,3	287,8	173,8	112,1	134,7	202,8	95,6	147,8	290,3	157
Nov.	106,6	62,3	233,6	130,4	231,3	65,8	192,3	133,6	109,1	130,1	89,0	242,4	102,8	614,9	166,4
Dez.	562,2	163,7	180,0	114,7	94,3	203,8	114,0	180,8	255,9	260,6	90,6	83,7	129,0	304,5	177,8
<b>Total</b>	<b>2023,4</b>	<b>1801,7</b>	<b>2173,9</b>	<b>1862,0</b>	<b>1655,1</b>	<b>1624,7</b>	<b>2360,7</b>	<b>1587,5</b>	<b>1140,8</b>	<b>1977,6</b>	<b>1895,0</b>	<b>1141,3</b>	<b>1410,5</b>	<b>2887,9</b>	<b>1740,2</b>

Fonte: Estação Meteorológica de São José - SC.

## **Análise das Precipitações Anuais**

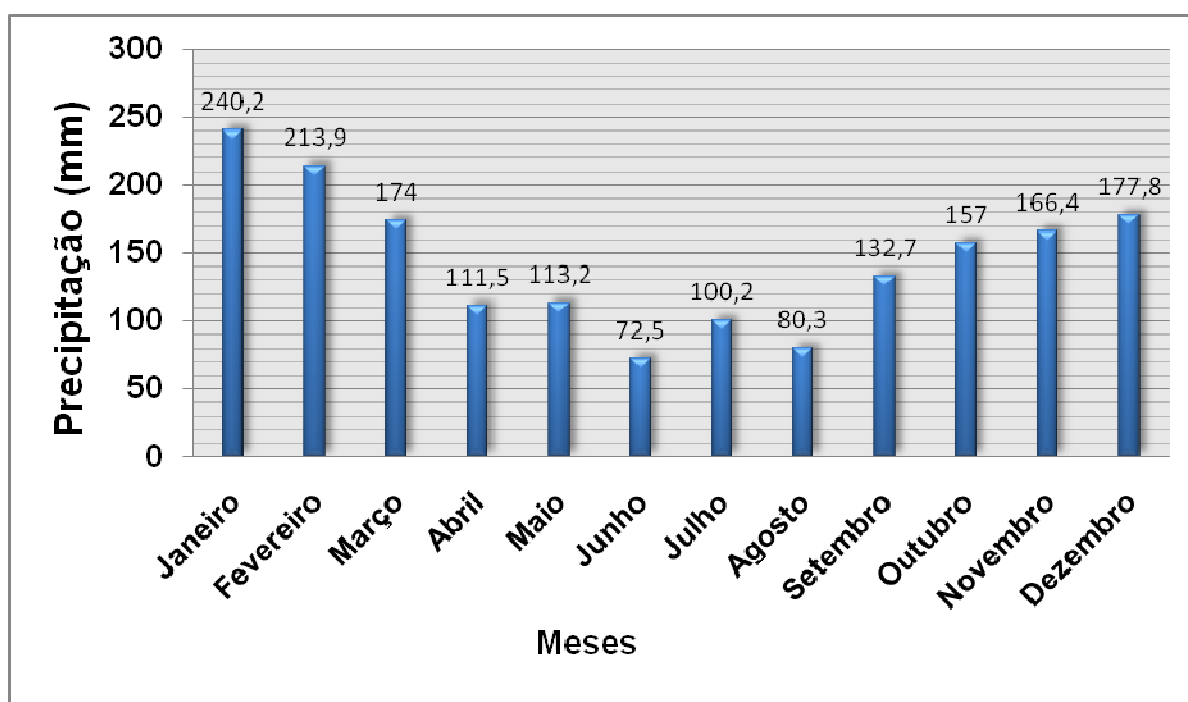
De acordo com a tabela 3 e figura 4.1, os anos em que ocorreram as maiores precipitações na área de estudo foram 2008, 1983 e 2001. O ano de 2008 totalizou 2.887,9 mm de chuvas, um desvio positivo de 165,9% da média anual que é de 1740,2 mm para o período de 1980 a 2008, no qual as chuvas causaram inundações bruscas no final do mês de janeiro e inundações graduais no mês de novembro. O segundo ano de maior precipitação foi 1983, com um total de 2.598,5 mm, um desvio positivo de 149,3%, ocorrendo inundações graduais no mês de janeiro e dezembro, sendo o ano em que ocorreu o mais forte episódio do *El Niño*, conforme já exposto no capítulo 1.3.4. O ano de 2001 foi o terceiro que possuiu maior precipitação na área de estudo, com um total anual de 2.360,7 mm, 135,6% acima da média em 28 anos, gerando inundações e escorregamentos em fevereiro, inundações em setembro e inundações e escorregamentos em outubro. Apesar de ter chovido um total inferior do que nos anos de 1983 e 2008, os desastres ocorreram com mais frequência.

Nesses anos, a maioria dos meses apresentou totais pluviais que superaram as médias. No ano de 2008, os maiores índices pluviais registraram-se na primavera (1131,6 mm) e no verão (1096,2 mm), onde os índices mensais ultrapassaram 200 mm, com exceção dos meses de maio a agosto; o ano de 1983 foi excepcionalmente chuvoso em todas as estações, sendo que o verão obteve o índice mais alto (881 mm), seguido do inverno (786,7 mm), no qual todos os meses do ano obtiveram precipitações acima de 150 mm, exceto nos meses de agosto e outubro; e no ano de 2001 o verão novamente foi a estação chuvosa predominante (823,4 mm) seguido do outono (702,1 mm), no qual todos os meses obtiveram índices de precipitação acima de 100 mm, com exceção dos meses de junho a agosto.

O ano de 1988 foi o mais seco dentre o período estudado, com precipitação total anual de 1.055,1 mm, um desvio negativo de -39,3%, porém ainda ocorrendo desastres na área de estudo, com inundações no mês de março, onde a estação chuvosa predominante foi o outono (396,8 mm) seguida do verão (311,5 mm).

## Análise das Precipitações Médias Mensais

A figura 4.2 mostra as médias mensais para o período de 1980 a 2008, que foi elaborada a partir da tabela 3, os quais os maiores desvios positivos de precipitação ocorreram no mês de novembro de 2008, apresentando 369,5% acima da média, novembro de 1991, com 357,5%, agosto de 1984, com 325,9% e dezembro de 1995, com 316,1%.



**Figura 4.2:** Gráfico da Precipitação Média Mensal de 1980 a 2008.

Ainda de acordo com a tabela 3, os meses em que ocorreram índices excepcionais de precipitações na bacia do rio Forquilhas, nas quais ultrapassaram 500,0 mm mensais, foram janeiro de 1997 (inundações), novembro de 2008 (inundações), novembro de 1991 (inundações e escorregamentos), dezembro de 1995 (inundações e escorregamentos), fevereiro de 2001 (inundações e escorregamentos) e julho de 1983 (sem registro de desastres), com totais mensais de 625,0 mm, 614,9 mm, 594,9 mm, 562,3 mm, 536,5 mm e 513,6 mm respectivamente.

O mês de julho de 1983 foi excepcionalmente chuvoso, porém não houve registro de desastres na bacia do rio Forquilhas naquele mês, e sim nos meses de janeiro e dezembro, com a ocorrência de inundações. Apesar dos meses mais chuvosos terem sido janeiro de 1997 e novembro de 2008, no qual a precipitação

ultrapassou 600,0 mm, os piores desastres ocorreram nos meses de novembro de 1991 e dezembro de 1995, no qual o município de São José decretou Estado de Calamidade Pública devido às inundações e aos escorregamentos, os quais resultaram em 07 vítimas fatais.

#### **4.2 Análise da Precipitação Diária Relacionada aos Meses em que Ocorreram Desastres Naturais (Inundações e Escorregamentos) na bacia do rio Forquilhas.**

Os índices de precipitação diária relacionadas aos anos em que ocorreram inundações e escorregamentos na bacia do rio Forquilhas podem ser observados na tabela 4, no qual os desastres ocorreram em 20 dos 28 anos de todo o período analisado, salientando na cor vermelha o dia em que ocorreu o evento, enfatizando-se principalmente as precipitações que ocasionaram os desastres na área de estudo. Outras informações coletadas que serviram de complemento para poder explicar a origem dos desastres são os dados de precipitação horários, a tábua das marés e o tipo de tempo atuante.

Buscou-se também outras informações, como o número de desabrigados e de vítimas fatais, o valor estimado dos prejuízos causados pelos desastres, se foi um mês considerado normal de precipitação ou se obteve um desvio positivo ou negativo.



**Tabela 4:** Índices Pluviométricos Diários Relacionados aos Meses em que Ocorreram Desastres (Inundações e Escorregamentos) na Área de Estudo (1980 – 2008).

	1981	1983	1983	1984	1984	1985	1986	1987	1988	1988	1989	1990	1990	1991	1992	1993	1993	1994	1994	1994	1994	1995	1997	2000	2001	2001	2001	2004	2004	2004	2005	2008	2008	
	Mar.	Jan.	Dez.	Ago.	Nov.	Fev.	Out.	Fev.	Dez.	Mar.	Jan.	Jan.	Fev.	Nov.	Jan.	Jul.	Out.	Fev.	Mar.	Mai.	Dez.	Dez.	Jan.	Mar.	Fev.	Set.	Out.	Jan.	Mar.	Dez.	Ago.	Jan.	Nov.	
1	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	14,4	21,1	0	15,8	0	2,8	0,3	5,1	8,7	4,2	0	0	38,9	0	13,2	1,4	118,2	9,4	0	0	0	2,4	0	
2	0	0,4	0,3	23,3	8,9	5	0	6,8	0	4,2	5,1	27,3	0	71,3	1	93,5	0	0,2	0	0,1	0	1	0,2	18,1	1,6	0	3	0	0	0	0	36	12,6	
3	0	4,2	0	26,9	3,9	2,8	0	0	0	11,5	0,7	2,6	0	22	7,5	6,9	10,3	6,1	0	0	0	0,1	42,8	3,4	2	0	0	0	0	0	0	2,2	8,1	
4	11,2	1,5	19,5	1,3	3,7	10,3	0	13,5	0	0	0	3	0	13,7	0	15,8	54	5	0	0	12	0	0	1,3	194,9	0	0	0	0	6,7	0	1	1,4	
5	0	36,9	14,5	28,3	7,5	0,1	0	2	44,7	1	10,7	1	0	2,8	0	0,1	5,1	18,7	0	0	0,3	0	0,2	0	150,2	6,2	0	10	2	0	0	0,5	0	
6	0	57,6	14,1	44,8	35,3	0	0	0	0	0	94,4	26,9	0	0,5	0	3,2	0	0	1,7	0	2,8	0	28,8	105	23,2	9,9	0,4	0,9	0	2,8	0	0,3	37,9	
7	11,1	78,6	0	75,1	19,5	0	3	0	0	0	20	15,4	0	0	0	0,8	0	7,8	13,1	0	0	1,7	0	32,4	2,4	0	0	0	0	19,8	0	0,6	20,4	
8	41	0,1	2,4	5	85,8	0	0	35,2	0	7,9	15,4	0,5	0	0	0,7	0	0	8,1	2	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0	104,6	0	0	9,8	
9	0,8	0	0	9,4	19,6	2,1	39,8	51,5	6,4	0	21,4	2,6	2,4	0	45,8	0	0	12,7	101,5	0	0	0	0	0,4	4	0	49	29	0,2	19,8	29,4	0,7	0	
10	0	3,1	0,8	3,2	0	23,7	160,7	0	0,3	6	0	20,5	2,2	0	2,8	0,7	0	1,3	27,9	10,4	0	0	13,6	1,6	0,3	24,5	3,4	0	9,6	6,2	44,7	0	37,8	
11	0	0,8	37,2	0	0	22,1	2,3	3,1	0	33	0	3,4	155,1	8,4	0,7	10,3	0	7	15,2	97,4	0	0	63,5	0	0	8,6	0	0,7	1,2	17,5	0,3	0	8,2	
12	4,9	0	36,2	0	11,8	1,2	0	6,3	1,8	6,9	0	4,2	42,3	0	0	7	0	25,6	1,3	50,3	0	0,2	0	5,6	0	0	0	17,8	11,6	7,4	0	13,3	5,7	
13	0	0,1	9,2	1,9	0	6,4	0	23,3	0	0	12,8	0	6	1	0,5	3,5	0	10,6	7	1	0	1,4	0	0,4	0	0	0,6	5,4	17,6	0	0	1,3	34,8	
14	0,2	0	1	0	0	61,5	0	44	0	0	0,8	22,3	1	204,6	0	0	0	21	0	5,4	7,2	0	0,3	0,6	10,3	6,4	0	0,8	68,8	0	0	7,2	18,2	
15	0	0	9,8	0	0	77,2	0	8,8	0	0	8,4	8,2	17,7	216,6	3	0	5,8	4,8	8,6	0	0,3	0	0	0	0,8	0,8	0,2	7,4	10,4	0	0	2,2	5,8	
16	0	3,9	0	0	0	0,7	0	14,3	0	0	21	13	0,5	15,9	0	0	0	4	0,3	0	2,1	0	0	19,6	7,7	0	0,6	0,4	0	0	0	1,8	2	
17	0	0	144	0	0	0	0	2,6	2	1	0,7	16,6	0	0	0	3,7	0	6,6	0	0	24,5	0	7,4	35,4	4	0	1,1	0	0,2	4,3	0	10,2	9	
18	0	0	0	3,1	0,3	0,2	6	6,1	22,4	0	0	14,6	0	13,8	0	9,4	0	10,9	2,4	0	0,2	0	5,1	0	1,8	0	52,4	0	0	5,4	13,6	3,9	1,4	
19	0,2	7,8	13,6	5,5	2,3	2,1	0	29,9	0	0	0	11,8	0	0	0	0	9,5	8,9	18,9	0	5	0	22	0	60	0,8	8,4	0	1,2	0	0	65,1	27,7	
20	0	25,6	26	3,8	11,9	9,2	0,2	1,9	0,5	0	0	4,6	16,1	0	0	0	1,7	1,2	0	0	1,1	0	97,8	0	27,8	0	16,2	0,6	31,2	0	0	4,2	8	
21	0,4	1,2	14,5	0	23,9	14,3	26,6	0	0,4	0	0,9	7,9	1	0	7,6	0	0	0	0	0	6,3	0	31,5	0	5	0	6,6	4,2	1,9	0	0	0	55,4	
22	0	0	6,3	2,8	20,6	31,6	0,2	0	17,7	0	12,4	0,2	0,5	0	12	0	13,2	227,4	0	0	92,2	0	4,9	0	0	5	0,6	32,5	0	0	0	0	92,3	
23	0	0	0,2	2,5	0,2	0	0	0	0,3	0	0,3	0	13,9	0	1,2	0	1,3	15,3	0	8,8	16,8	71,3	21,1	0,6	2,4	3,6	0	31,4	0,3	9,3	0	10,5	93,2	
24	0	2	0,8	0	0	0	0	0	0	0	53,3	0	0	0	63,6	0	0	1,4	0	4,4	0	315,4	10,5	0,3	0	9	0	0	0	45	1	0,8	31,1	
25	0	10,8	0	18,4	14	0	0	0	0	0	23,9	22,2	24,5	5,1	2,9	0	17	16,7	25,6	25,8	0,7	5,4	23,3	6,4	0,4	0	0	39,2	0	11,8	0,2	2,5	17,8	
26	0	0	0	3,3	0,3	0	0	0	0	0	1,4	0	0,2	2,8	84,6	0	5	0	0	0,1	0	6,4	62,5	0	7,1	1,1	0	2,8	0	0	0	7,8	5,4	
27	1,8	0	0,1	0	0	0,4	3	0	0,9	0	33,6	0	0,2	0,4	7	0	0	0	0	5,6	1,8	22,3	81,9	0	0	2	0	27	0	0	0	2,2	25,2	
28	131,9	0,2	15	0	0	0	0,9	0	0	0	5,9	0	0	0	0	0	0	6,3	0	3,1	18	129,4	2,1	4,9	17,4	12,4	0	142	2,5	0	0	4,4	1,8	
29	70,9	17	0	0	0		3,3		1,3	0	0	1		0	0	18,1	0		0	8,4	23,6	8,8	0,5	0		25,2	0	13,8	49,1	0	0	18,3	3	
30	2,8	20	0	3	0		0		86,3	95,6	0	0		0,2	2,2	9,8	0		0	0	15,6	0	0,5	0,2		9,9	0	0	0	0	0	18,6	40,2	
31	15,7	7,4	0	0,1	0		0		5,2	24,2	0,1	0			11,4	0	0		3		17,4	0	65,6	0		1,4	0,1	0	0	0	74,4	136,9	0	
Total	292,9	279,2	365,5	281,7	289,5	271,7	246	249,3	190,2	191,3	357,6	250,9	283,6	594,9	254,5	185,6	123,2	432,7	237,2	225	247,9	563,4	625	236,2	536,5	126,8	287,8	375,3	207,8	260,6	163,6	354,9	614,2	
Min.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,1
Max.	131,9	78,6	144	75,1	85,8	77,2	160,7	51,5	86,3	95,6	94,4	27,3	155,1	216,6	84,6	93,5	54	227,4	101,5	97,4	92,2	315,4	97,8	105	195	25,2	118,2	142	68,8	104,6	74,4	136,9	614,9	

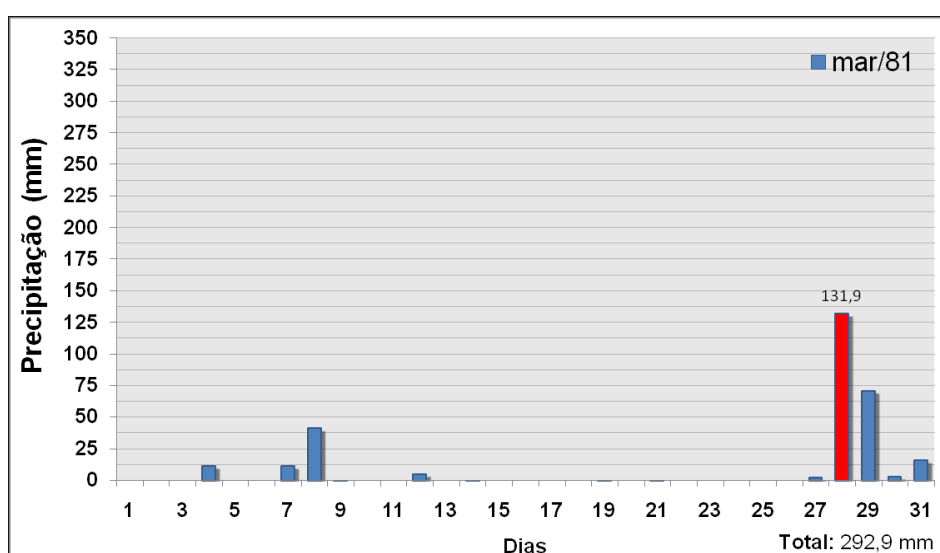
Fonte: Estação Meteorológica de São José – SC.



Os dados de precipitações, da altura das marés e do tipo de tempo atuante durante o período de 1980 a 1995, que foram extraídos do Boletim de Monitoramento e Análise Climática (Climanálise) foram obtidos de Herrmann (1999). No restante do período estudado (1996 a 2008), os dados de precipitação foram provenientes da Estação Meteorológica de São José, obtidos no CIRAM/EPAGRI, os dados das alturas das marés foram extraídos de Souza (2006) e os dados do tipo de tempo atuante foram obtidos através do Boletim de Monitoramento do CIRAM/EPAGRI.

### Década de 1980

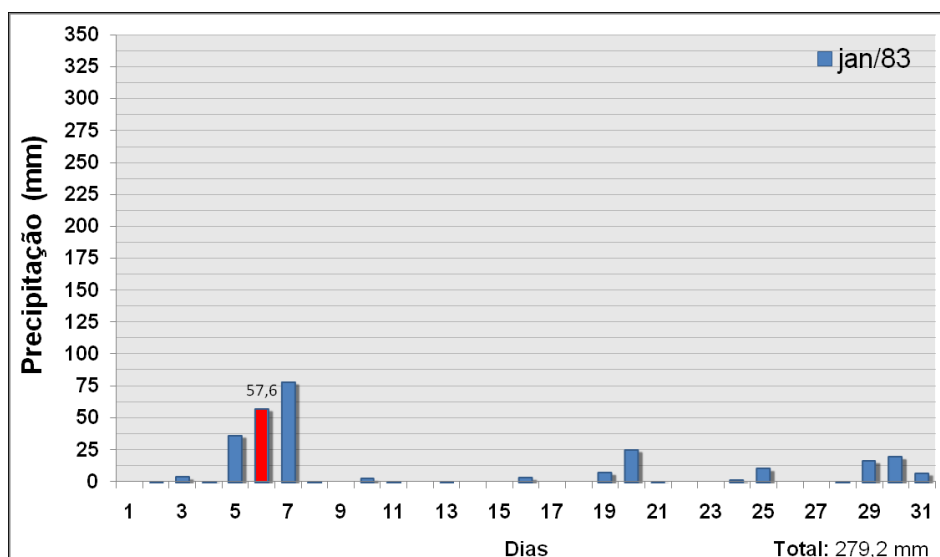
Conforme destacado na figura 4.3, o mês de março de 1981 foi praticamente sem chuvas, exceto no dia 8, em que precipitou 41,0 mm. Depois desse dia o mês continuou sem chuvas, precipitando 131,9 mm no dia 28 e mais 70,9 mm no dia seguinte, no qual essa precipitação intensa do dia 28 causou inundações bruscas na área de estudo. O valor total mensal foi de 292,9 mm, um desvio positivo de 168,3% da média do mês de março dos anos analisados que é de 174 mm. As precipitações que ocasionaram as inundações foram causadas pela passagem de uma frente fria sobre o litoral.



**Figura 4.3:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Março de 1981.

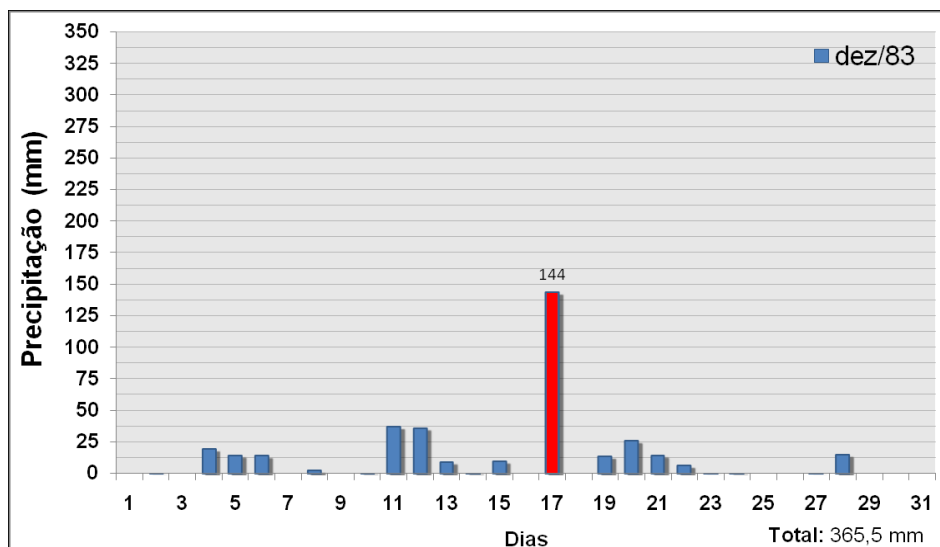
O mês de janeiro de 1983, como mostra a figura 4.4, começou sem chuvas, sendo que no dia 05 precipitou 36,9 mm, no dia 06 precipitou 57,6 mm e no dia 07 precipitou 78,6 mm, totalizando 173,1 mm em 3 dias consecutivos. As inundações

bruscas na área de estudo no dia 06 foram devidas aos dois primeiros dias consecutivos de chuvas, que já haviam totalizado 94,5 mm, não havendo precipitações significativas até o final desse mês. Esse episódio foi provocado por uma frente quente de retorno, totalizando 279,2 mm no mês, superando em 116,2% a normal que é de 240,2 mm, deixando 300 pessoas desabrigadas.



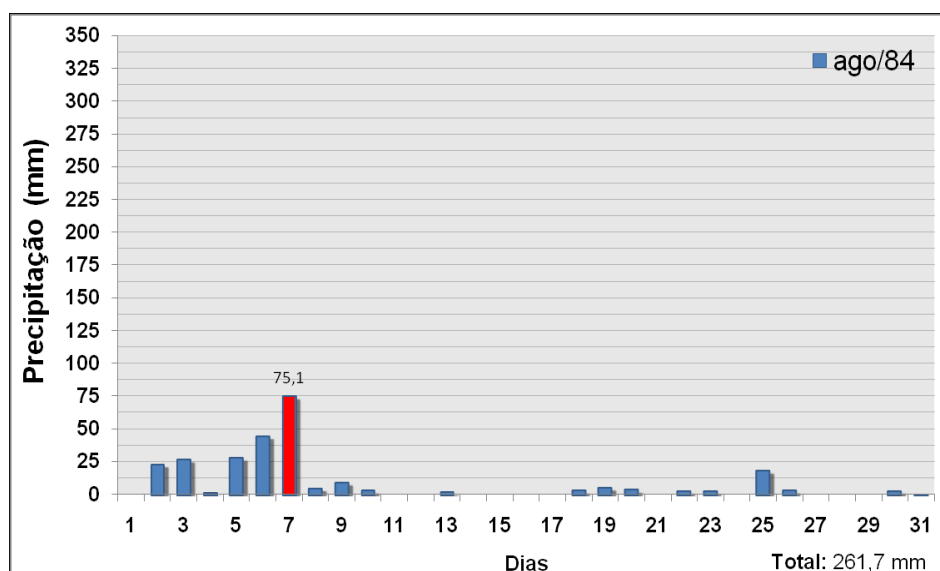
**Figura 4.4:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Janeiro de 1983.

De acordo com a figura 4.5, o mês de dezembro de 1983 começou chuvoso, já na primeira quinzena o total precipitado foi de 135,0 mm, e no dia 17 choveu mais 144,0 mm, ocasionando inundações graduais na área de estudo. Essas inundações se deram, além da grande concentração de chuva no dia 17, possivelmente também aos vários dias acumulados de chuvas da primeira quinzena, que podem ter encharcado o solo, não havendo mais a possibilidade de infiltração das águas. O total mensal foi de 365,5 mm, superando em 205,5% a normal que é de 177,8 mm e foi o ano em que ocorreu o mais forte episódio do *El Niño*.



**Figura 4.5:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Dezembro de 1983.

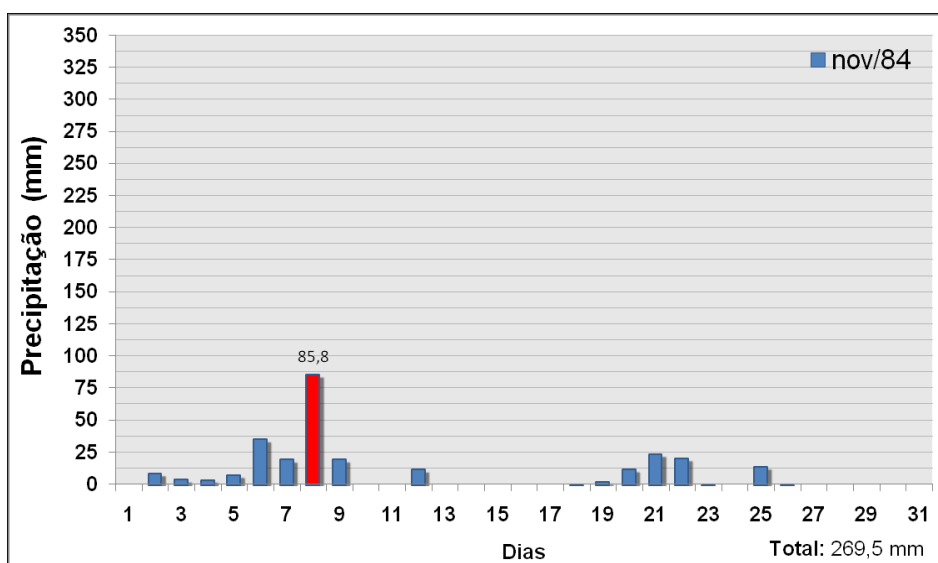
Em agosto de 1984, como mostra a figura 4.6, choveu durante toda a primeira semana do mês, totalizando 199,7 mm em sete dias. No dia 06 precipitou 44,8 mm e no dia 07 precipitou mais 75,1 mm, totalizando 119,9 mm em apenas dois dias, ocasionando inundações bruscas, ocasionadas principalmente devido à primeira semana chuvosa, já que no restante do mês as precipitações não foram significativas. O total mensal foi de 261,7 mm, 325,9% a mais que a normal que é de 80,3 mm, e essas chuvas frontais foram decorrentes de frentes frias.



**Figura 4.6:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Agosto de 1984.

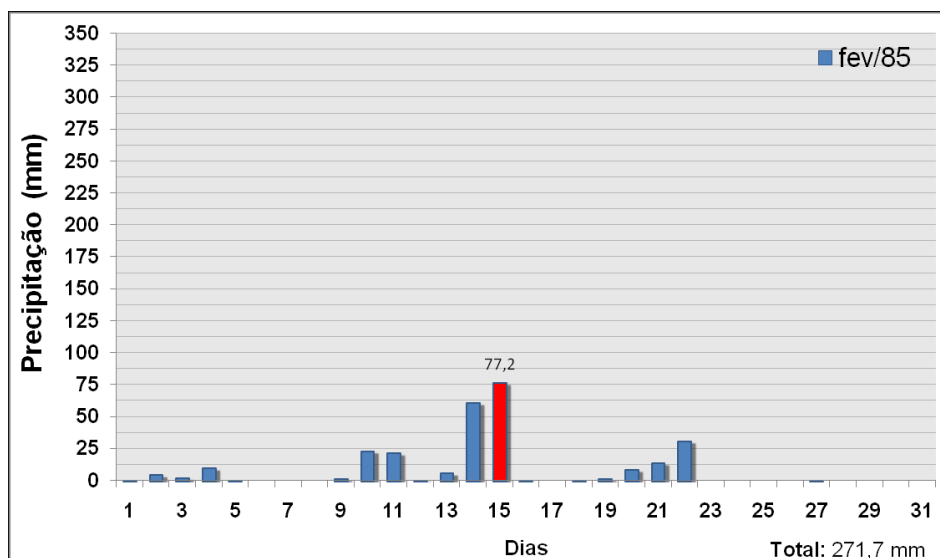
Em novembro do mesmo ano, de acordo com a figura 4.7, as chuvas se iniciaram já no início do mês, se intensificando a partir do dia 06, totalizando 164,6 mm em 8 dias, sendo que 85,5 mm ocorreu só no dia 08, causando inundações

bruscas na área de estudo nesse dia. No dia 06 a maré atingiu uma altura de 1,4 m as 14:17 horas, podendo ter contribuído com a inundação devido ao represamento do rio. No restante do mês precipitaram mais 104,9 mm de chuvas, porém não ocasionando mais problemas na área de estudo. O total mensal foi de 269,5 mm, quando a normal é de 166,4 mm, um desvio positivo de 161,9%. Segundo as cartas sinóticas, as chuvas do dia 8 foram provenientes da repercussão da aproximação da frente fria, onde o ar superior ficou estabilizado.



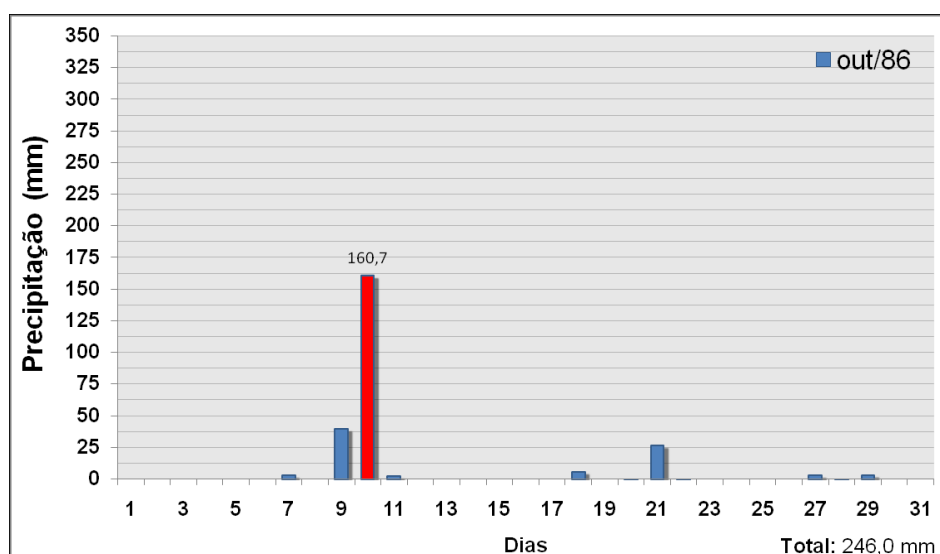
**Figura 4.7:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Novembro de 1984.

Em fevereiro de 1985 choveu pouco no início do mês, como mostra a figura 4.8, totalizando 74,4 mm até o dia 13. No dia 14 precipitou 61,5 mm e no dia 15 precipitou 77,2 mm, totalizando 138,7 em dois dias consecutivos, ocasionando inundações graduais no dia 15, não ocorrendo mais precipitações significativas no restante do mês. A maré no dia 15 chegou a 1,1 m as 03:08 horas, podendo ter causado o represamento do rio. O total mensal foi de 271,7 mm superando em 127% a normal do mês que é de 213,9 mm. Segundo as cartas sinóticas, verificou-se que as fortes chuvas foram causadas por uma frente fria estacionária sobre o Estado, que se desviou para o litoral no dia 16, impulsionada pela nova frente fria que se formava sobre o oceano.



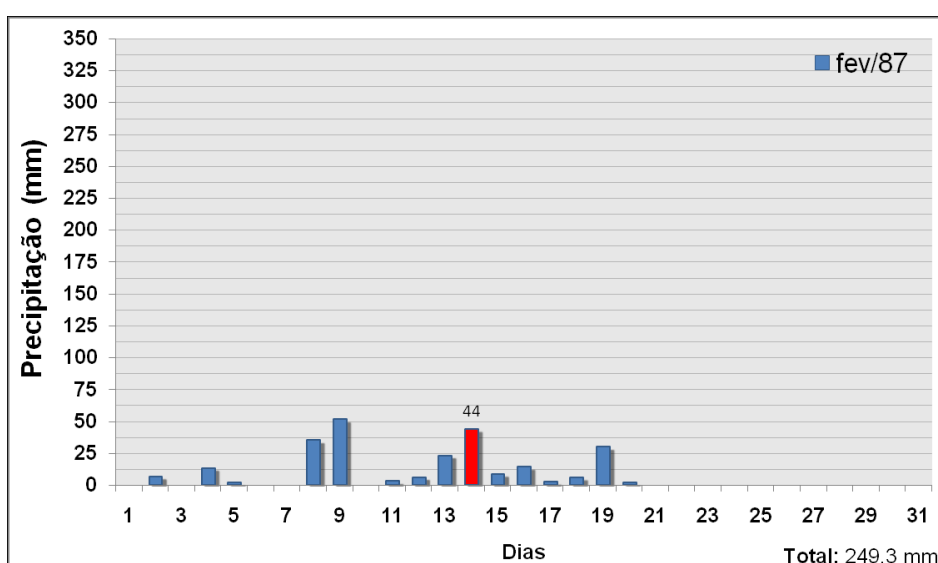
**Figura 4.8:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Fevereiro de 1985.

Em outubro de 1986, as chuvas só ocorreram a partir do dia 09, de acordo com a figura 4.9, precipitando nesse dia 39,8 mm e 160,7 mm no dia 10, totalizando 200,5 mm em apenas dois dias. Essas chuvas foram concentradas em 17 h, das 09:00 horas do dia 09 até as 02:00 horas do dia 10, provocando inundações bruscas na área de estudo, já que não houve precipitações no início do mês, assim como também não houve precipitações significativas no restante do mês. O total mensal foi de 246,0 mm, um desvio positivo de 156,6% da normal que é de 157 mm. A maré nesse dia 10 apresentou altitudes em torno de 1 m, com a máxima de 1,3 m as 13:00 horas, podendo ter causado o represamento do rio, sendo que essa forte chuva foi provocada por uma combinação de frente fria seguida de uma oclusão no dia 10 (frente oclusa).



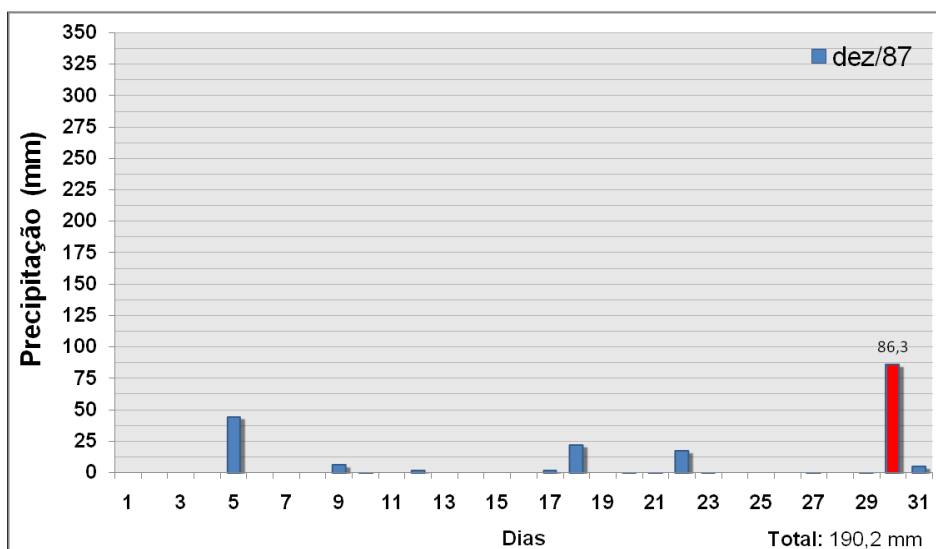
**Figura 4.9:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Outubro de 1986.

No mês de fevereiro de 1987 choveu praticamente quase todos os dias até o dia 20, como mostra a figura 4.10. Durante esses dias foram precipitados 263,3 mm, ocorrendo inundações graduais no dia 14, no qual precipitou 44,0 mm, causando a morte de uma pessoa. Essas inundações ocorreram possivelmente devido a sequencia de dias chuvosos, onde já haviam sido acumulados 126,5 mm de chuvas. Após o dia 14 foram precipitados mais 63,6 mm de chuvas, não ocasionando mais problemas na área de estudo. O total mensal foi de 249,3 mm, obtendo um desvio positivo de 116,5% da normal que é de 233,1 mm, sendo que esse episódio foi causado por uma advecção de ar pós-frontal marítimo.



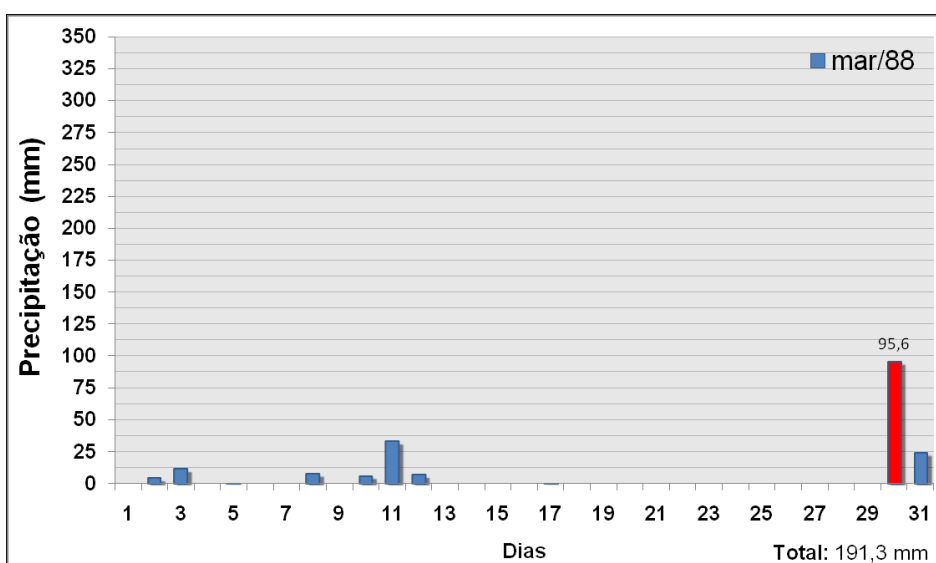
**Figura 4.10:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Fevereiro de 1987.

Em dezembro desse mesmo ano ocorreu uma inundação brusca no dia 30, de acordo com a figura 4.11. Nesse mês as chuvas não foram intensas e ocorreram em poucos dias, sendo que o que contribuiu para essa inundação foi os 86,3 mm precipitados em duas horas no dia 30. Esse total pluvial foi devido   passagem de uma frente fria que retornou como quente no continente. O total mensal foi de 190,2 mm, um desvio positivo de 106,9% da normal que   de 177,8 mm.



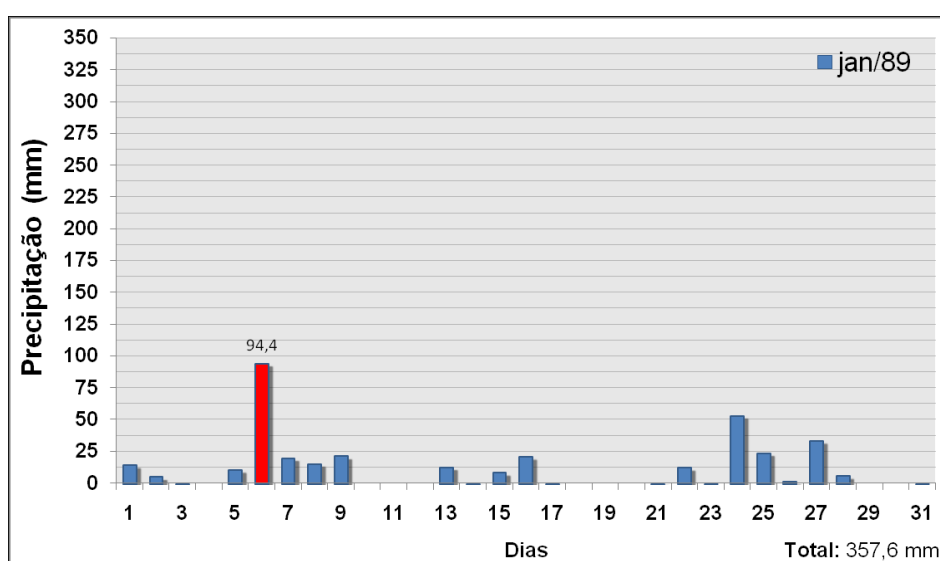
**Figura 4.11:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Dezembro de 1987.

O ano de 1988 foi considerado o mais seco dentre os anos analisados, sendo que as estiagens foram muito acentuadas no Estado durante a estação de inverno, e quase não houve precipitações nesse mês, sendo que o índice mais significativo no início do mês foi de 33,0 mm precipitados no dia 11, de acordo com a figura 4.12. O fato que contribuiu para provocar as inundações bruscas do dia 30 foram os 95,6 mm precipitados em 6 horas. Nesse dia, registrou-se à 01:05 horas a altura da maré com 1,0 m, e as chuvas se deram devido à passagem de uma frente fria em desenvolvimento no Atlântico, enquanto havia no continente três núcleos de baixas pressões, acentuando a instabilidade superior. O total mensal foi de 191,3 mm, um desvio positivo de 109,9% da normal que é de 174 mm.



**Figura 4.12:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Março de 1988.

O mês de janeiro de 1989 foi bastante chuvoso na área de estudo, de acordo com a figura 4.13. Entre as 11:00 horas do dia 06 e as 09:00 horas do dia seguinte precipitaram 94,4 mm, causando inundações bruscas na área de estudo, já que nos dias anteriores as chuvas não foram significativas. Apesar de ter ocorrido mais 212,3 mm de precipitações até o final do mês, não houve mais registros de desastres na área de estudo. A altura da maré no dia 06 foi de 0,8 m, e o total mensal foi de 357,6 mm, superando em 148,8% a normal mensal que é de 240,2 mm. Nesse dia havia uma frente fria deslocando-se do sul do continente em direção à Região Sul do Brasil, provocando chuvas, trovoadas e ventos por correntes de jato subtropical.



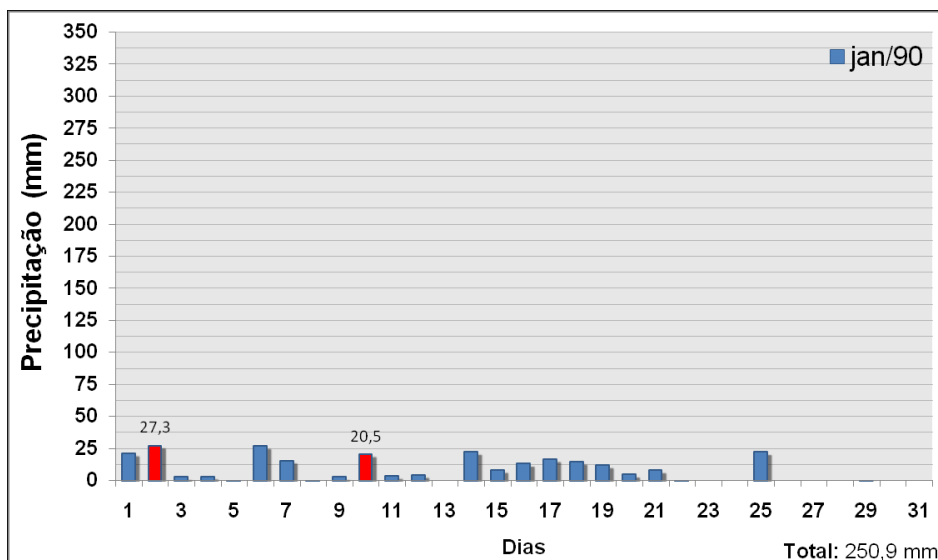
**Figura 4.13:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Janeiro de 1989.

### Década de 1990

O mês de janeiro de 1990 foi bastante chuvoso, como se pode visualizar na figura 4.14. No dia 01 foram precipitados 21,1 mm e no dia 02 mais 27,3 mm, ocorrendo nesse dia inundações graduais e escorregamentos na área de estudo. Essas chuvas já começaram no final do ano de 1989 e foram constantes até o dia 20 de janeiro de 1990. Até o dia 10 foram precipitados mais 72,5 mm de chuvas, causando novamente inundações e escorregamentos. Apesar do restante do mês ter continuado chuvoso, não houve mais registros de desastres após o dia 10. O total mensal foi de 250,9 mm, um desvio positivo de 104,4% da média que é de 240,2 mm, deixando 04 pessoas desabrigadas. As chuvas da primeira quinzena do mês foram causadas pela Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) posicionada sobre o litoral de Santa Catarina, Paraná e São Paulo, desaparecendo

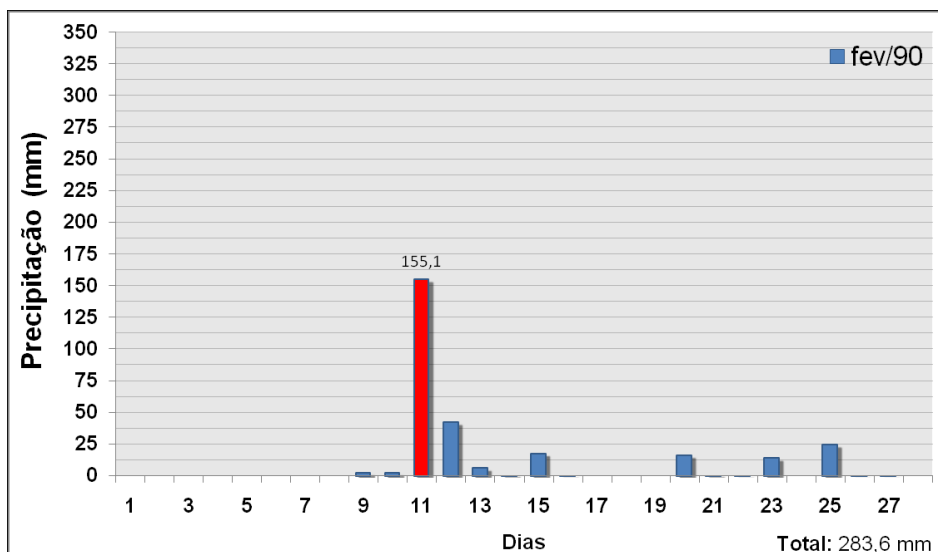


na segunda quinzena, sendo que os sistemas frontais foram de baixa intensidade e que durante o seu percurso, ocasionaram chuvas fracas, principalmente na faixa litorânea.



**Figura 4.14:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Janeiro de 1990.

O início do mês de fevereiro de 1990 foi sem chuvas até o dia 08, como mostra a figura 4.15, precipitando 155,1 mm no dia 11 em apenas uma hora e meia, ocasionando inundações bruscas e escorregamentos na área de estudo. No dia 17 novamente ocorrem escorregamentos, devido aos vários dias consecutivos de chuvas, no qual já haviam sido acumulados 227,2 mm. O total mensal foi de 283,6 mm, superando em 132,5% a normal que é de 213,9 mm. As chuvas do dia 11 foram provocadas pelo centro de baixa pressão que se formou no setor oeste central da Argentina e que se intensificou ao deslocar-se para o norte central do Brasil e posteriormente para leste e sudeste, e ao passar sobre a Região Sul, este centro alinhado ao sistema frontal causou convecção e precipitação ao longo do litoral. Durante o mês de fevereiro a Alta da Bolívia (circulação anticiclônica centrada sobre a parte tropical do continente Sul Americano) dominou a circulação atmosférica caracterizando a circulação chuvosa de verão.

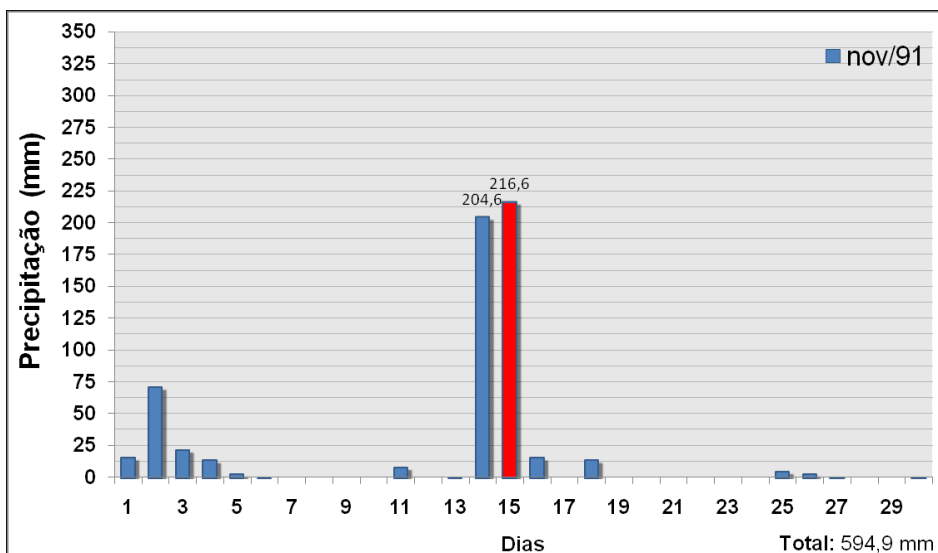


**Figura 4.15:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Fevereiro de 1990.

O mês de novembro de 1991 foi excepcionalmente chuvoso, na primeira semana já haviam sido acumulados 126,1 mm de chuvas, de acordo com a figura 4.16. No dia 14 foram precipitados 204,6 mm e no dia 15 mais 216,6 mm, totalizando 421,2 mm em apenas dois dias, sendo que desse total precipitado, 404,4 mm ocorreram das 12:00 horas do dia 14 às 09:00 horas do dia 15, chegando a transbordar o pluviômetro, demonstrando que o episódio quente do ENOS encontrava-se na fase madura, ocasionando escorregamentos, de acordo com as figuras 4.17 (A e B) e 4.18 (A), no qual morreram 07 pessoas e inundações bruscas na área de estudo, tendo o município decretado Estado de Calamidade Pública devido à extensão da área atingida, da altura do nível da água e do número de desabrigados e mortos. Os bairros Flor de Nápoles e Forquilha foram os mais atingidos, no qual muitas casas ficaram completamente alagadas, totalizando 3.500 desabrigados, segundo os dados da Defesa Civil.

A maré obteve oscilações dentro do horário de maior precipitação, porém se mantendo na faixa de 80 cm a 1,0 m na maioria do período, podendo ter contribuído com as inundações pelo represamento do rio. No restante do mês as precipitações não foram significativas. O total mensal foi de 594,9 mm, superando em 357,5% a média que é de 166,4 mm. O sistema que provocou essas chuvas foi um aglomerado convectivo que se formou sobre o sul do Paraguai e o norte da Argentina e se intensificou durante o dia. No dia 13, a nebulosidade, associada a um vórtice ciclônico que vinha cruzando os Andes, propagou-se para leste, atingiu o centro norte da Argentina, e, na manhã do dia 14, causou chuvas no Rio Grande do

Sul e no leste de Santa Catarina. Na tarde desse dia, o sistema deu origem à ciclogênese e frontogênese sobre o litoral, sendo que seu deslocamento foi rápido, tendo sido observada convecção tropical muito intensa sobre o Brasil Central.



**Figura 4.16:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Novembro de 1991.

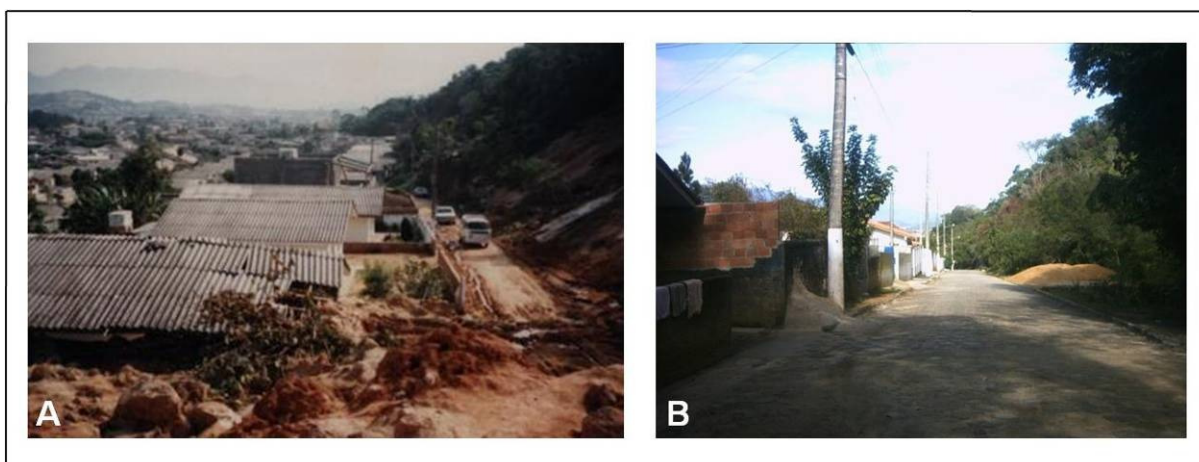


**Figura 4.17:** A) Encosta da localidade Jardim das Palmeiras onde ocorreu o escorregamento que destruiu uma casa e soterrou quatro, matando 7 pessoas, sendo 5 da mesma família, no dia 15 de novembro de 1991. B) Detalhe de uma casa que foi destruída pelo escorregamento da mesma encosta.

**Fonte:** Maria Lucia de Paula Herrmann (A e B). Dia 15/11/91.

A figura 4.18 (A) ilustra o escorregamento ocorrido em 1991, no qual resultou em sete vítimas. As fotos mostram que o material deslizado obstruiu a rua e soterrou as casas que estavam situadas em frente à encosta. A figura 4.18 (B) mostra como está o local atualmente, com as casas reconstruídas no local onde ocorreu o

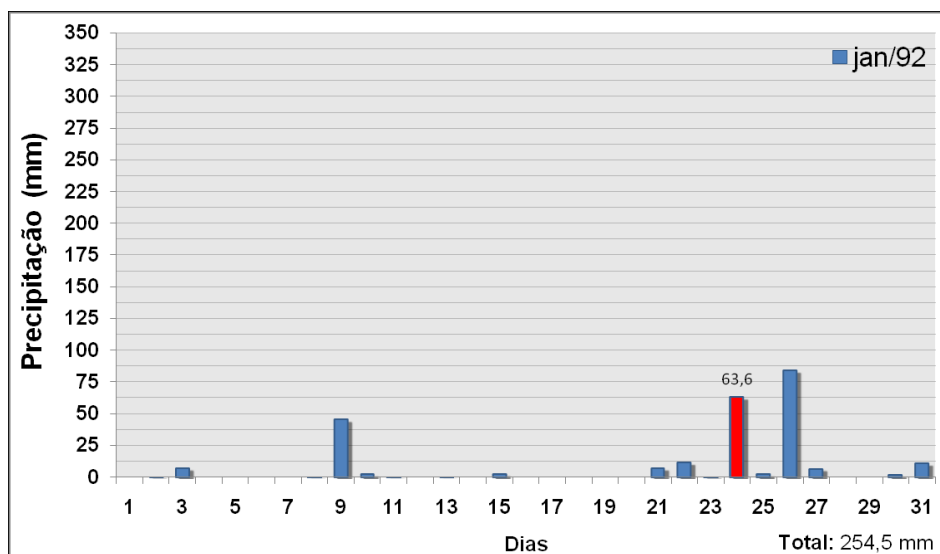
soterramento. Atualmente está sendo construído na base da encosta um muro de contenção com finalidade de barrar os escorregamentos (ver capítulo 7).



**Figura 4.18:** A) A tubulação não suportou a força d'água e destruiu o acesso dos dois lados do canal, que passa no setor esquerdo da foto. À direita, está o local onde ocorreu o escorregamento, bairro Jardim das Palmeiras. B) Foto atual (ainda sem o muro de contenção) do local que ocorreu o escorregamento em 1991.

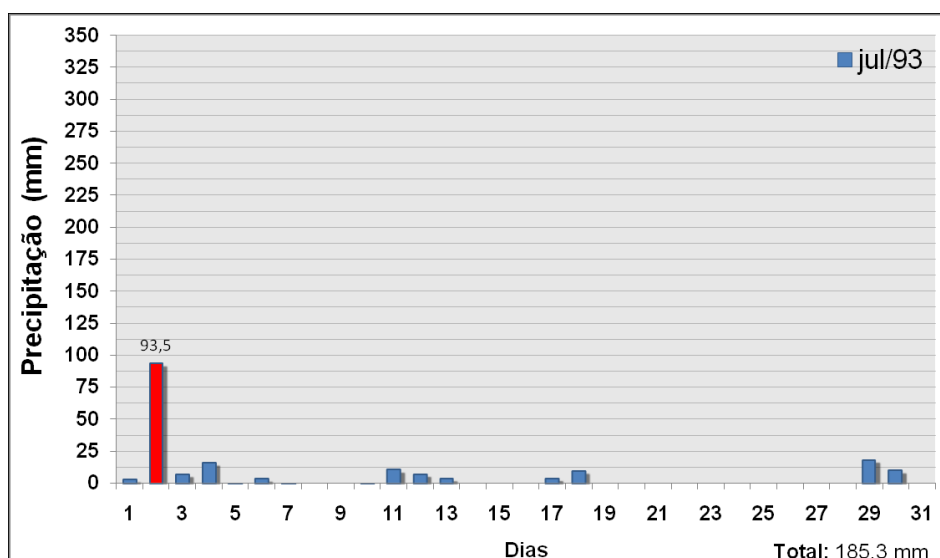
**Fonte:** Maria Lucia de Paula Herrmann (A), dia 15/11/91; e Francielle da Silva Cardozo (B), dia 20/09/07.

As precipitações que ocorreram no início e final de janeiro de 1992 não foram significativas, exceto no dia 09, onde se registrou 45,8 mm, no dia 24, com 63,6 mm e no dia 26, com mais 84,6 mm, de acordo com a figura 4.19, cujas chuvas foram concentradas em poucas horas, provocando inundações bruscas na área de estudo. As chuvas foram facilitadas pelo episódio quente *El Niño*, em atuação desde meados de 1991. A média mensal foi de 254,5 mm, um desvio positivo de 105,9% da média normal que é de 240,2 mm, e os dias chuvosos foram causados pelo sistema frontal que se deslocou apenas pelo litoral, e que foi intensificado a partir do dia 23, devido à presença de extensas áreas de instabilidade convectiva associada às baixas pressões formadas no oceano, que se encontravam no noroeste do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.



**Figura 4.19:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Janeiro de 1992.

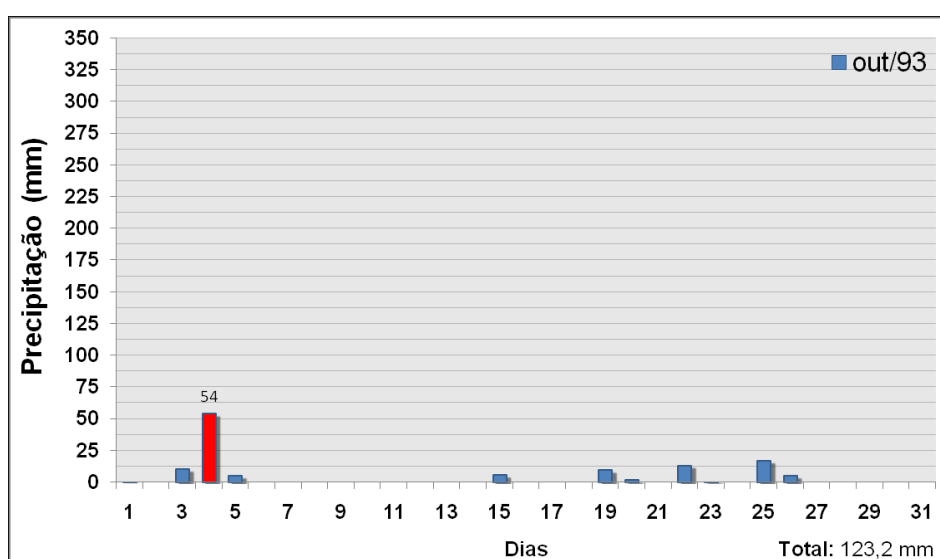
No do mês de julho de 1993 predominaram dias com poucas chuvas, como mostra a figura 4.20, exceto na primeira semana no qual já haviam sido acumulados 120,1 mm. Somente no dia 02 foram precipitados 93,5 mm, fato que causou inundações bruscas e escorregamentos na área de estudo. Nesse mês foi verificado um rápido enfraquecimento do episódio quente do ENOS. O primeiro sistema frontal do mês de julho atingiu o sul do Brasil no decorrer do dia primeiro, permanecendo semi-estacionário até o dia 5, originando linhas de instabilidade. O total mensal foi de 185,6 mm, ficando 184,9% acima da normal que é de 100,2 mm.



**Figura 4.20:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Julho de 1993.

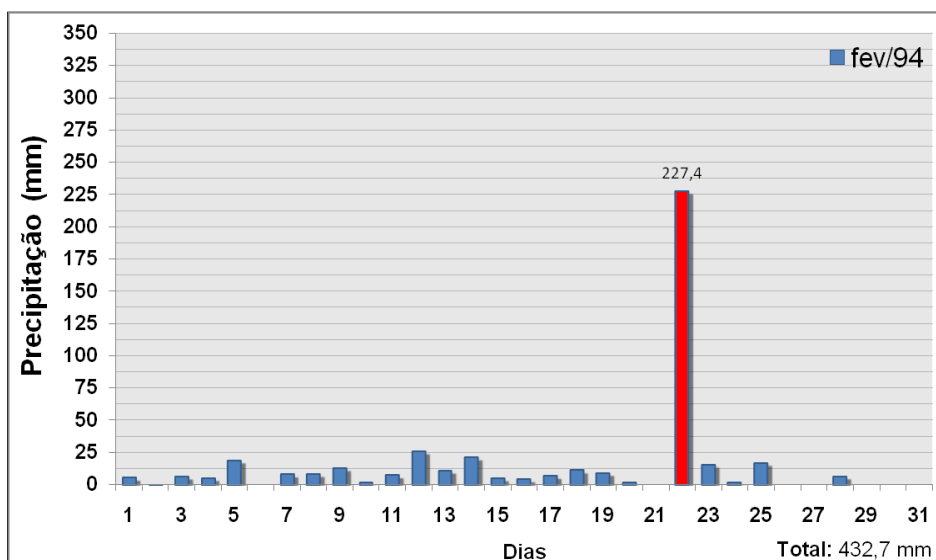
Em outubro do mesmo ano as chuvas também ocorreram poucos dias, de acordo com a figura 4.21, porém as inundações bruscas verificadas no dia 04 foram

devidas aos 54,0 mm precipitados das 03:00 horas do dia 03 as 21:00 horas do dia 04. Essa precipitação esteve associada à passagem do primeiro sistema frontal, que teve origem em um episódio de ciclogênese que se desenvolveu no Oceano Atlântico. O aumento do gradiente horizontal de temperatura, favorecido pela confluência das massas tropical e subtropical, deu origem nesse dia a um sistema frontal (frontogênese) sobre o litoral de Santa Catarina. O total mensal foi de 123,2 mm, um desvio negativo de -21,5% da normal que é de 157 mm.



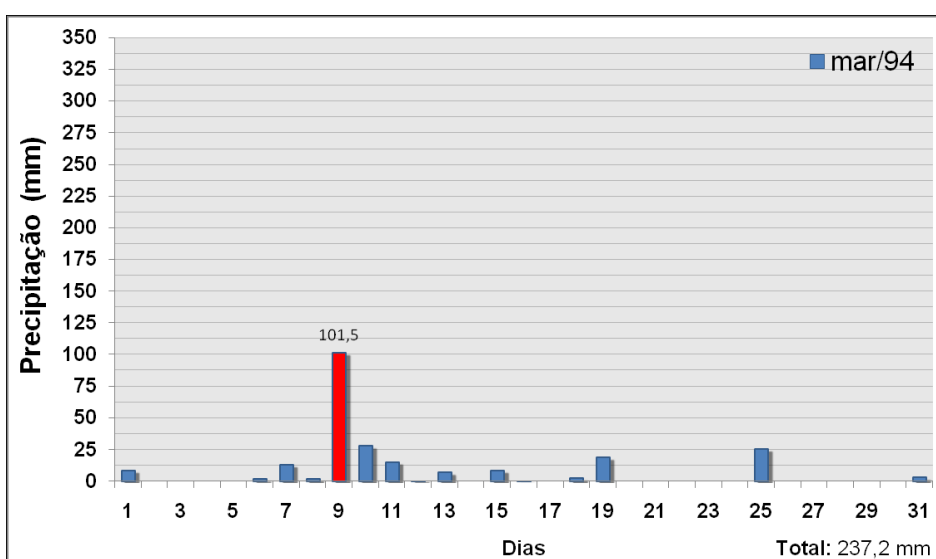
**Figura 4.21:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Outubro de 1993.

Em fevereiro de 1994 choveu praticamente o mês inteiro na área de estudo, como mostra a figura 4.22, quando a média mensal atingiu o índice de 432,7. No dia 22 de fevereiro foram precipitados 227,4 mm de chuvas em apenas 04 horas, ocorrendo inundações graduais e escorregamentos na área de estudo, com 377 desabrigados e 2 mortes, tendo sido decretado estado de calamidade pública. Esses problemas ocorreram não só devido à precipitação intensa do dia 22, mas também aos vários dias consecutivos de chuvas nos quais já haviam sido acumulados 393,0 mm. Nesse dia, a maré chegou a 1,0 m, podendo ter ocasionado o represamento do rio, e conseqüentemente agravando as inundações. Nesse mês os sistemas frontais foram intensos na região Sul do Brasil e as precipitações foram associadas à ocorrência de vórtices ciclônicos. O total mensal atingiu o índice de 432,7 mm, um desvio positivo de 202,2% da normal que é de 213,9 mm.



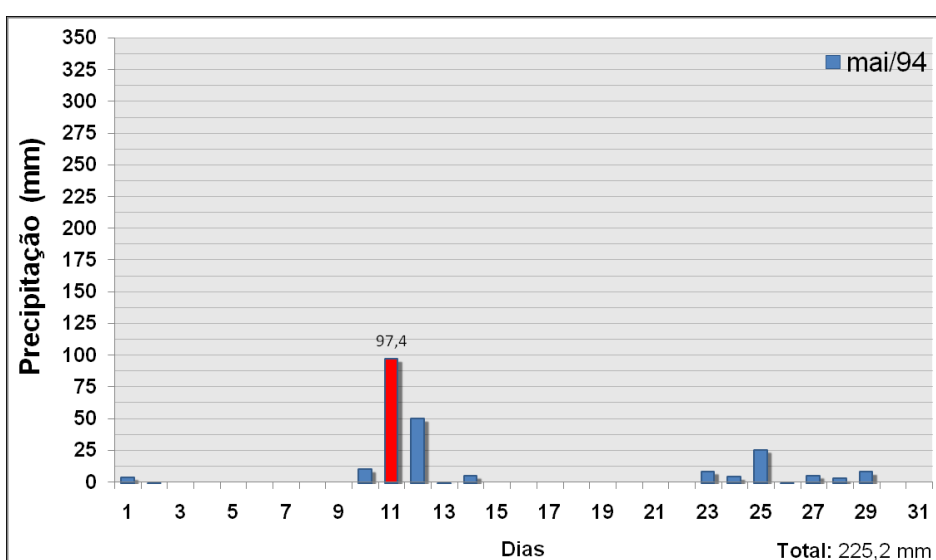
**Figura 4.22:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Fevereiro de 1994.

Em março do mesmo ano as precipitações mais significativas ocorreram em 3 dias consecutivos de chuvas, do dia 09 ao dia 11, totalizando 144,6 mm nesses 3 dias, provocando inundações bruscas na área de estudo no dia 09, no qual foram precipitados 101,4 mm apenas nesse dia, como mostra a figura 4.23, concentrados das 13 as 14 horas. As 12:53 horas, a maré chegou a 1,1 m, podendo ter causado o represamento do rio. Sobre a região Sul verificou-se a passagem de três vórtices ciclônicos provocando nebulosidade e chuvas, apresentando um deslocamento para sudeste, ficando seu centro sobre o litoral dos estados do Rio Grande do sul e Santa Catarina. O total mensal foi de 237,2 mm, um desvio positivo de 136,3% da normal que é de 174 mm.



**Figura 4.23:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Março de 1994.

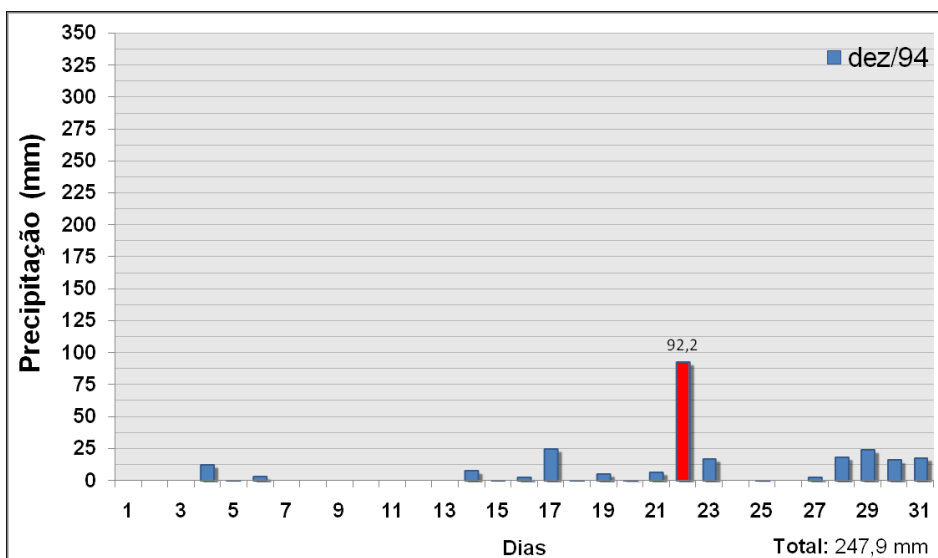
Assim como no mês de março, as precipitações mais significativas do mês de maio também ocorreram em 3 dias consecutivos, do dia 10 ao dia 12, totalizando 158,1 mm, de acordo com a figura 4.24, ocorrendo inundações bruscas na área de estudo no dia 11, com um índice de precipitação de 97,4 mm, de acordo com a figura 27, concentrados das 09 as 22 horas. Durante o horário de maior concentração das chuvas a maré esteve em alta, com 1,3 m, contribuindo com as inundações pelo represamento do rio. As chuvas foram provenientes do deslocamento do setor leste do vórtice ciclônico localizado no norte da Argentina para a região Sul do país, onde permaneceu até o dia 12. O total mensal foi de 225,2 mm, um desvio positivo de 198,9% da normal que é de 113,2 mm.



**Figura 4.24:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Maio de 1994.

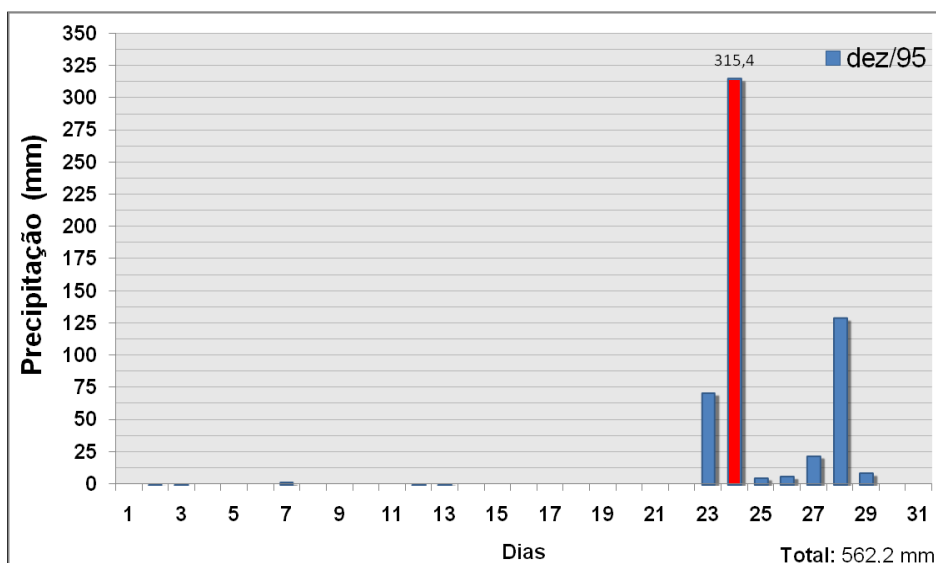
No mês de dezembro ocorreram vários dias de precipitações, porém nenhum com um índice expressivo, de acordo com a figura 4.25, exceto no dia 22, no qual foram precipitados 92,2 mm, sendo que o horário de maior concentração ocorreu das 16 as 18 horas, ocasionando inundações bruscas na área de estudo. A maré nesse dia chegou a 1,1 m as 05:08 horas, podendo ter contribuído com as inundações devido ao represamento do rio. Em dezembro, o *El Niño* que estava em desenvolvimento no Oceano Pacífico desde o segundo semestre de 1994, intensificou-se, atingindo sua fase madura, apresentando chuva em todo o país, e essas chuvas foram devidas ao sistema frontal que se deslocou pelo Rio Grande do Sul em direção ao Rio de Janeiro, provocando a precipitação do dia 22 ao passar por Santa Catarina, associado à convecção tropical. O total mensal foi de 247,9 mm, ficando 139,4% acima da normal que é de 177,8 mm.





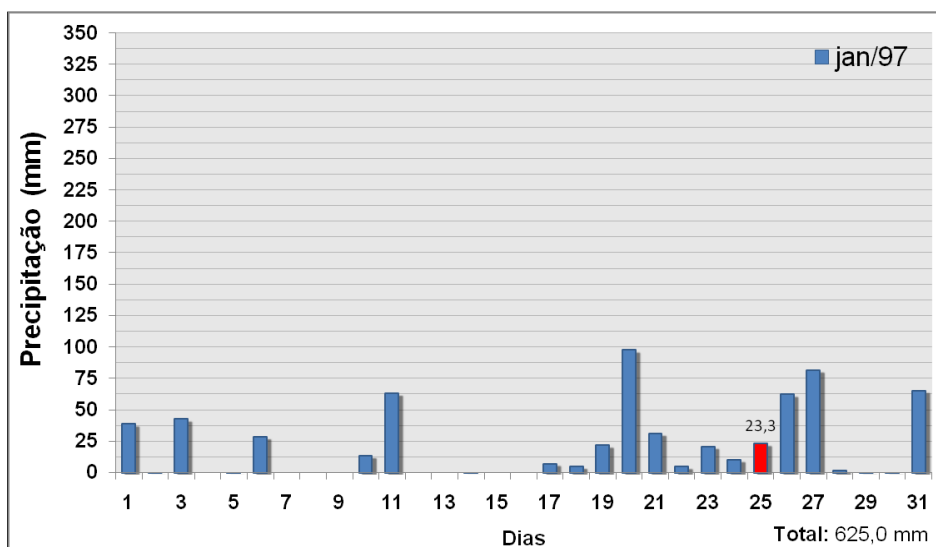
**Figura 4.25:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Dezembro de 1994.

O mês de dezembro de 1995 foi praticamente sem chuvas até o dia 22, como mostra a figura 4.26. A partir do dia 23 até o dia 29 foram precipitados 558,6 mm em seis dias consecutivos de chuvas, sendo que desse índice, 315,4 mm foram precipitados apenas no dia 24, dos quais 206,6 mm em apenas 7 horas, causando inundações bruscas com graves consequências na área de estudo, tendo sido decretado Estado de Calamidade Pública no município, onde foram registrados mais de 4.500 desabrigados. A maré nesse dia chegou a 1,1 m as 03:53 horas, podendo ter agravado as inundações com o represamento do rio. Os totais diários constituíram os maiores índices pluviométricos acumulados em dois dias consecutivos de chuvas desde 1925, onde o total mensal foi de 562,2 mm, um desvio positivo de 316,1% da normal que é de 177,8 mm. Entre os dias 22 e 28 um vórtice ciclônico dos médios e baixos níveis permaneceu semi-estacionário ao sul do Paraguai. A umidade das regiões Norte e Centro-Oeste convergiu para este vórtice, intensificando um sistema frontal que se deslocava pela região sul, resultando dessa associação chuvas intensas no leste de Santa Catarina.



**Figura 4.26:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Dezembro de 1995.

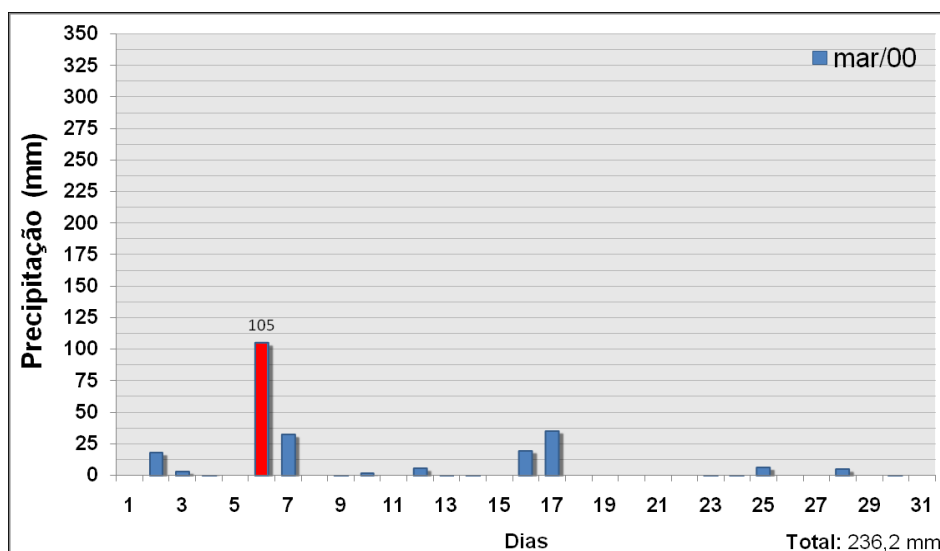
O mês de janeiro de 1997 constituiu o mês mais chuvoso dentre os anos analisados, como mostra a figura 4.27. O total mensal foi de 625,0 mm, um desvio positivo de 260,1% da normal que é de 240,2 mm, e no dia 25 ocorreram muitos alagamentos e inundações graduais na área de estudo, sendo que nesse dia a maré chegou a 1,1 m as 03:43 horas. As inundações estiveram relacionadas aos vários dias consecutivos de chuvas, nos quais já haviam sido precipitados 411,7 mm até o dia 25, podendo ter sido sendo agravadas pelo represamento do rio devido à maré alta. Choveu mais 213,1 mm no restante do mês, porém não havendo mais registro de desastres na área de estudo. No dia 25 a ponte sobre o rio Maruim foi interditada, pois a forte correnteza fez com que os entulhos se acumulassem sobre os pilares, causando também o desabamento de sete pontes do rio Forquilhas (SOUZA, 2006). Mais de 1.500 pessoas ficaram desabrigadas e os moradores relataram que o alagamento foi muito rápido alcançando um metro e meio dentro das casas em um período curto de tempo. Foi decretado estado de Calamidade Pública pela grande quantidade de famílias desabrigadas, danos ao sistema viário, danificação de pontes e desmoronamento de encostas, com prejuízos em torno de seis milhões de reais.



**Figura 4.27:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Janeiro de 1997.

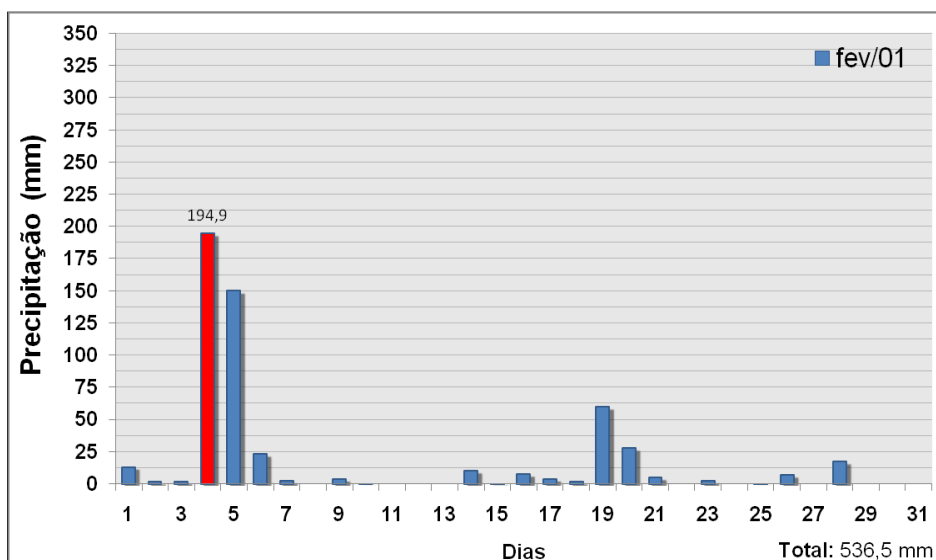
### Década de 2000

Ocorreram poucas precipitações no mês de março de 2000 até o dia 5, de acordo com a figura 4.28, quando foram precipitados 137 mm entre os dias 6 e 7, causando inundações bruscas na área de estudo, sendo que os horários de maior concentração das chuvas foram no dia 6, das 24 as 02 horas e das 19 as 20 horas, provocando a morte de 1 pessoa e desabrigando 44. A maré no dia 6 chegou a 1,2 m as 02:04 horas, contribuindo para o represamento do rio e conseqüentemente com as inundações. As chuvas foram originadas de áreas de instabilidade associadas a uma Frente Fria no litoral de Santa Catarina, formadas pela atuação da Alta da Bolívia. Foi decretada situação de emergência com muitos prejuízos na malha viária, em construções comunitárias, em galpões e nas residências, com um gasto de mais de 2.700 reais em recuperação de ruas e mais de 520.000 reais na dragagem do rio Forquilhas, totalizando quase R\$ 6.800.000 (seis milhões e oitocentos mil) em prejuízos. As precipitações não foram significativas no restante do mês e o total mensal foi de 236,2 mm, um desvio positivo de 135,7% da normal que é de 174 mm.



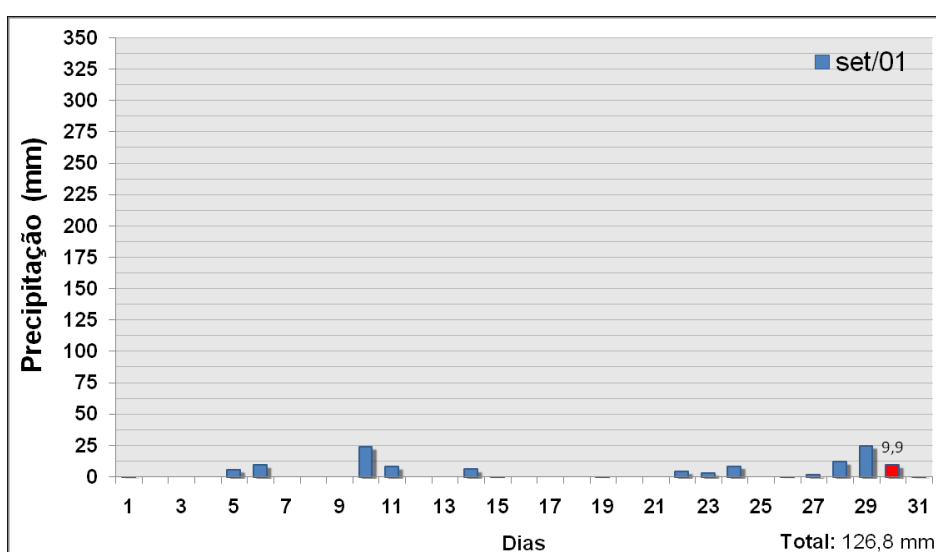
**Figura 4.28:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Março de 2000.

Em fevereiro de 2001 ocorreram episódios de chuvas concentradas na área de estudo, totalizando 536,5 mm no mês, dos quais 194,9 mm foram acumulados das 09:00 horas do dia 03 as 09:00 horas do dia 04, como mostra a figura 4.29, ocasionando inundações bruscas e escorregamentos nesse dia. A maré no dia 04 alcançou 91 cm, e as inundações foram ocasionadas pela grande quantidade de precipitação ocorrida nesse dia. Apesar de terem sido precipitados mais 173,4 mm nos dois dias seguintes e mais 151,4 mm no restante do mês, não foram registrados outros desastres na área de estudo. As precipitações foram ocasionadas pela passagem de uma Frente Fria que chegou ao Estado na tarde do dia 03, onde o predomínio do vento leste, conhecido popularmente como lestada, contribuiu para a intensificação das chuvas. O total mensal foi de 536,5 mm, um desvio positivo de 250,8% da normal que é de 213,9 mm. Os bairros mais atingidos com essas inundações foram Forquilha e Picadas do Sul, com aproximadamente 174 residências danificadas e 8 destruídas, desabrigando 18 pessoas, no qual São José teve 75% de sua área atingida. Foi decretada Situação de Emergência e o custo do alargamento e recuperação de canais do rio Forquilha foi de mais de 49.000 reais.

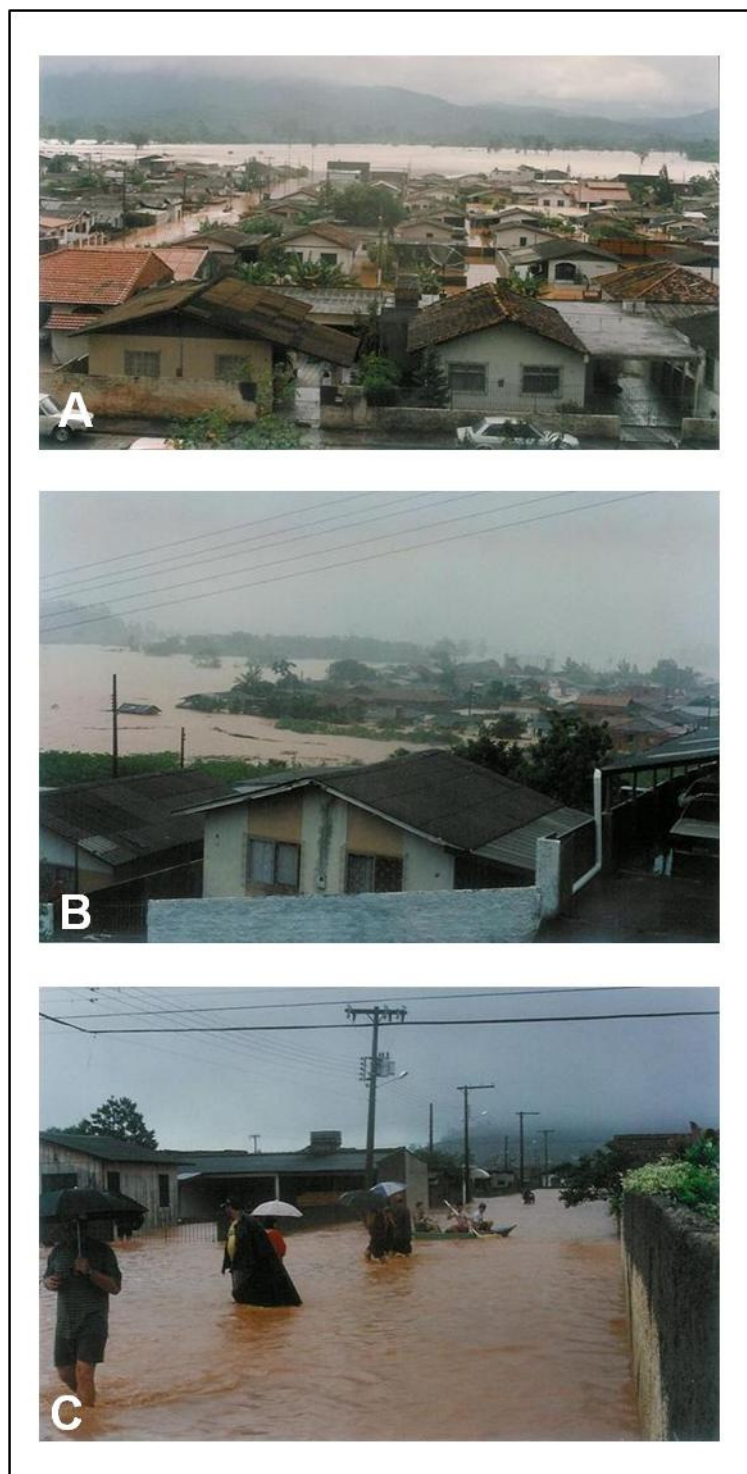


**Figura 4.29:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Fevereiro de 2001.

O mês de setembro totalizou 126,8 mm, dos quais 58,6 mm foram nos primeiros 20 dias, de acordo com a figura 4.30. No dia 30 precipitou 9,9 mm, provocando inundações graduais, como mostra a figura 4.31 (A, B e C), desabrigando 25 pessoas, deixando mais 68 desalojados e provocando 01 morte. As chuvas ocorreram devido a um sistema de baixa pressão que começou no Uruguai, ganhando força e a forte nebulosidade atingiu todo o Estado do Rio Grande do Sul, e no decorrer do dia, Santa Catarina. Essas inundações ocorreram possivelmente devido a todo o mês chuvoso e aos 3 dias consecutivos de chuvas, nos quais precipitaram 12,4 mm no dia 28 e 25,2 mm no dia 29, totalizando 47,5 mm no dia 30, tendo sido precipitados mais 20,7 mm desde o dia 22. O total mensal foi de 126,8 mm, um desvio negativo de 4,4% da normal que é de 132,7 mm.



**Figura 4.30:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Setembro de 2001.

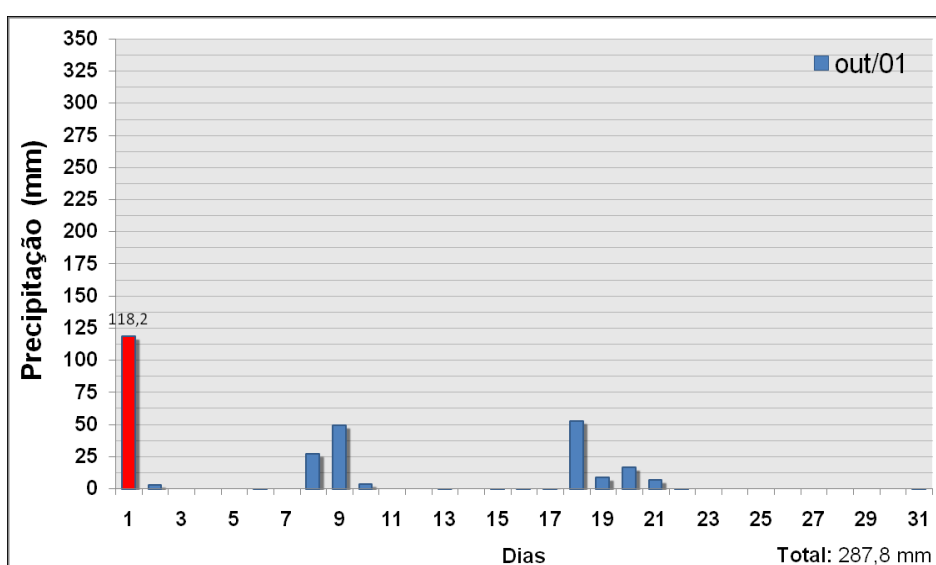


**Figura 4.31:** A e B) Vista parcial da inundação no bairro Flor de Nápoles no dia 30 de setembro de 2001. C) Altura da água em uma rua do bairro Flor de Nápoles.

**Fonte:** DEDC/SC (A, B e C), dia 30/09/01.

No mês seguinte precipitaram 118,2 mm de chuvas somente no dia 01 de outubro, como mostra a figura 4.32, concentrados das 24 as 04 horas, voltando a provocar inundações graduais, escorregamentos e alagamentos, tendo sido decretado Situa o de Emergência. As precipita es ocorridas entre os dias 30 de

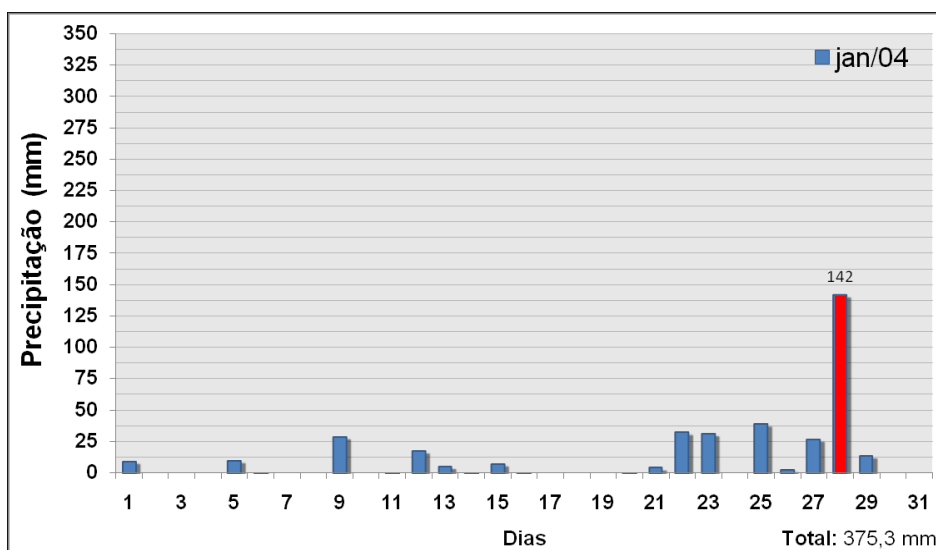
setembro e 01 de outubro foram devidas a uma Frente Fria associada a um ciclone e também à atuação de um vórtice ciclônico em altos níveis da atmosfera. A maré no dia 01 chegou a 1 m, podendo ter ocasionado o represamento das águas do rio Forquilhas. No restante do mês ainda ocorreram alguns dias de precipitações, fechando o mês com 287,8 mm, porém não ocorrendo mais registros de desastres na área de estudo. Assim como em fevereiro, novamente ocorreram problemas como a derrubada de pontes e postes de energia, destruição de vias públicas e obstrução de valas e tubulações, totalizando 287,8 mm de chuvas no mês, um desvio positivo de 183,3% da normal que é de 157 mm.



**Figura 4.32:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Outubro de 2001.

No mês de janeiro de 2004 as precipitações não foram significativas até o dia 21, como mostra a figura 4.33, quando chuvas fortes começaram a ocorrer no dia 28 a partir das 17:00 horas e se estendendo até as 22:00 horas, superando 142 mm, causando inundações bruscas e alagamentos na área de estudo. A maré obteve algumas oscilações dentro desse período em que ocorreram as precipitações, porém chegando com altura máxima de 0,8 cm. Portanto, os problemas ocorridos foram não só devidos ao índice excepcional do dia 28, mas também possivelmente aos 132,9 mm precipitados nos seis dias anteriores. Essas chuvas estiveram relacionadas a uma baixa pressão no Litoral de Santa Catarina associada a uma Frente Fria em alto mar, ocasionando problemas no sistema viário, danos em pontes, destruição da rede de drenagem e desmoronamentos de encostas. Houve 110 desabrigados, 20.000 desalojados e 3.920 residências danificadas, causando prejuízos de mais de 33.000 reais, o que levou o município a decretar Situação de

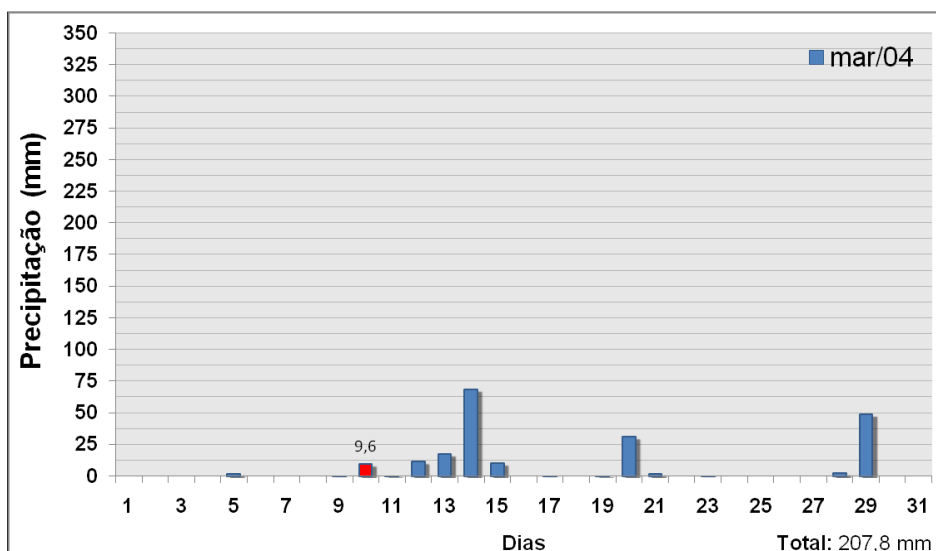
Emergência, totalizando 375,3 mm no mês, um desvio positivo de 156,2% da normal que é de 240,2 mm.



**Figura 4.33:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Janeiro de 2004.

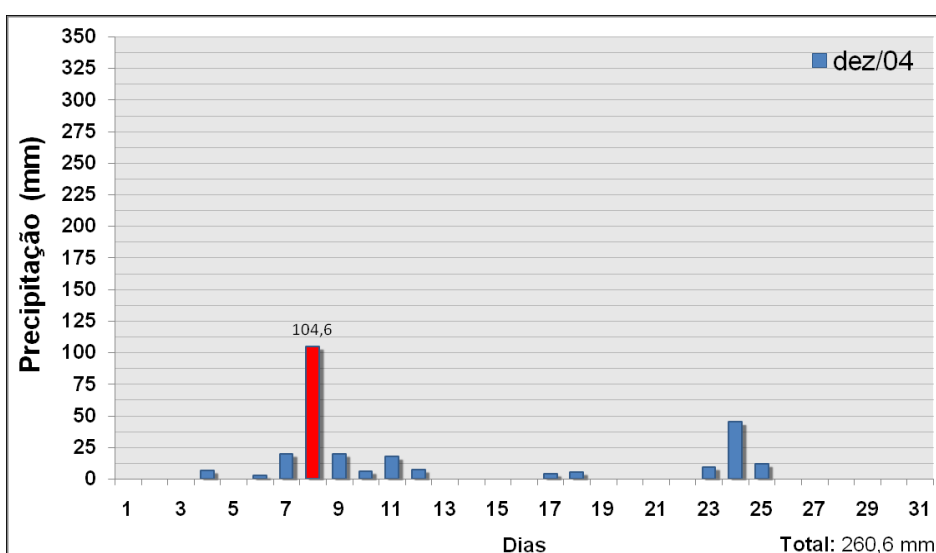
De acordo com a figura 4.34, em março as precipitações mais significativas ocorreram em 6 dias consecutivos de chuvas, do dia 10 ao dia 15, devido a uma Frente Fria em deslocamento pelo Litoral Catarinense desde o dia 09, precipitando 119,2 mm, ocorrendo inundações bruscas no dia 10 deste mês, com 9,6 mm precipitados. Essas inundações foram causadas possivelmente devido às precipitações que vinham ocorrendo nos dois meses anteriores, no qual janeiro totalizou 375,3 mm e fevereiro totalizou 196 mm, segundo os dados de Souza (2006). A maré nesse dia alcançou 1,1 m as 04:47 horas e as 16:54 horas, podendo ter causado o represamento do rio. Apesar de ter ocorrido mais 31,2 mm no dia 20 e 49,1 mm no dia 29, não foram registrados mais desastres na área de estudo. O total mensal foi de 207,8 mm, um desvio positivo de 119,4% da normal que é de 174 mm.





**Figura 4.34:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Março de 2004.

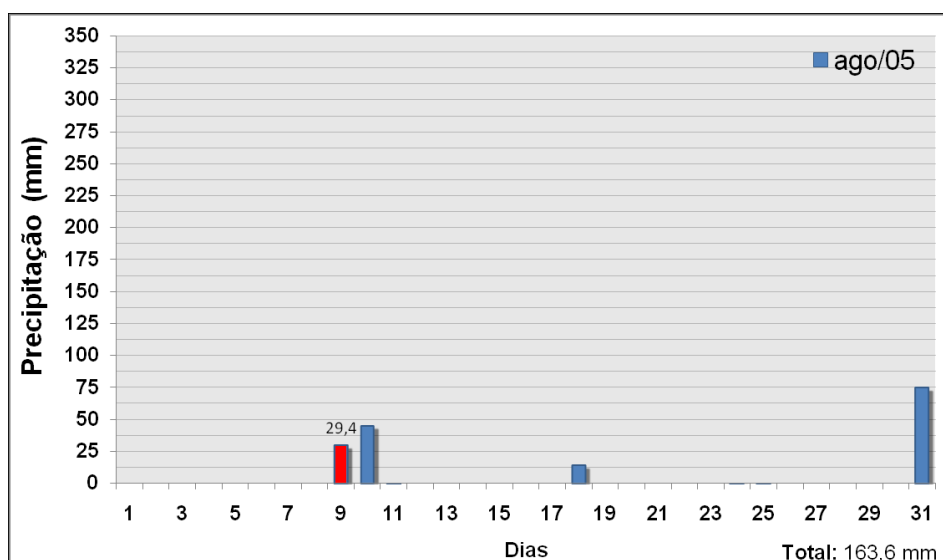
No final do ano, no dia 08 de dezembro, precipitaram 104,6 mm de chuvas, como mostra a figura 4.35, quando a maré nesse dia ultrapassou 1 m de altura, podendo ter contribuído para o represamento do rio, causando inundações bruscas na área de estudo, desabrigando 110 pessoas, sendo que o bairro de Forquilha foi um dos mais prejudicados (SOUZA, 2006). As chuvas ocorreram devido a uma área alongada de baixa pressão na Grande Florianópolis, aliada a uma Frente Fria em formação, totalizando 260,6 mm no mês, um desvio positivo de 146,5% da normal que é de 177,8 mm.



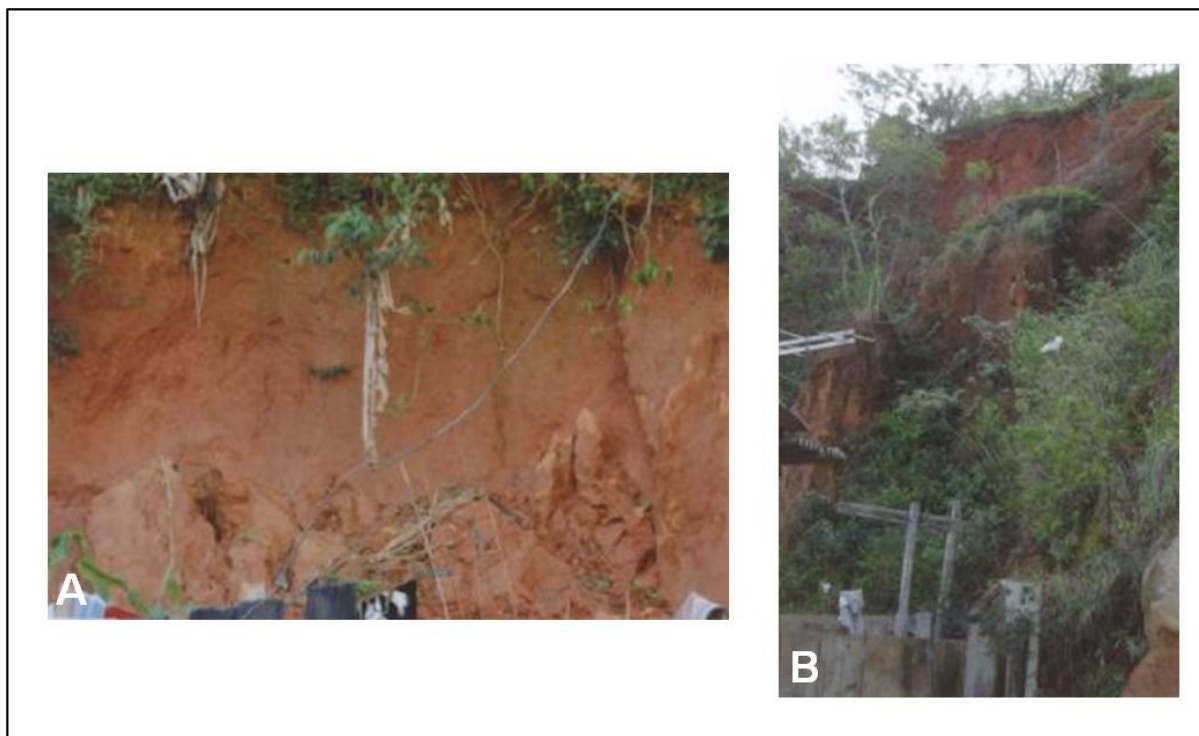
**Figura 4.35:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Dezembro de 2004.

Em agosto de 2005 não houve precipitações até o dia 09, de acordo com a figura 4.36, quando foram precipitados 29,4 mm, e devido à ocorrência de um ciclone Extratropical que provocou também ventos de mais de 100 Km/h, ocorreram

neste episódio escorregamentos na área de estudo, como mostra a figura 4.37 (A e B). Essas chuvas foram provocadas por uma Frente Fria e pelo giro do Ciclone Extratropical no mar que desloca umidade (joga ar úmido para o continente). O município decretou Situação de Emergência, com 10 desalojados, 06 desabrigados e 2.374 pessoas afetadas. O total mensal foi de 163,6 mm de chuvas, um desvio positivo de 203,7% da normal que é de 80,3 mm, ocorrendo 02 escorregamentos no bairro Forquilha e vários destelhamentos e quedas de árvores, afetando muitas residências, onde 49 foram danificadas e 04 destruídas, causando prejuízos de 64.000 reais e corte de energia provocando mais de 187.000 reais em prejuízos. A silvicultura e o extrativismo do município obtiveram mais de 287.000 reais em perdas. A precipitação mais significativa no restante do mês foi no dia 31, com 74,4 mm, porém não havendo registros de desastres.



**Figura 4.36:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Agosto de 2005.

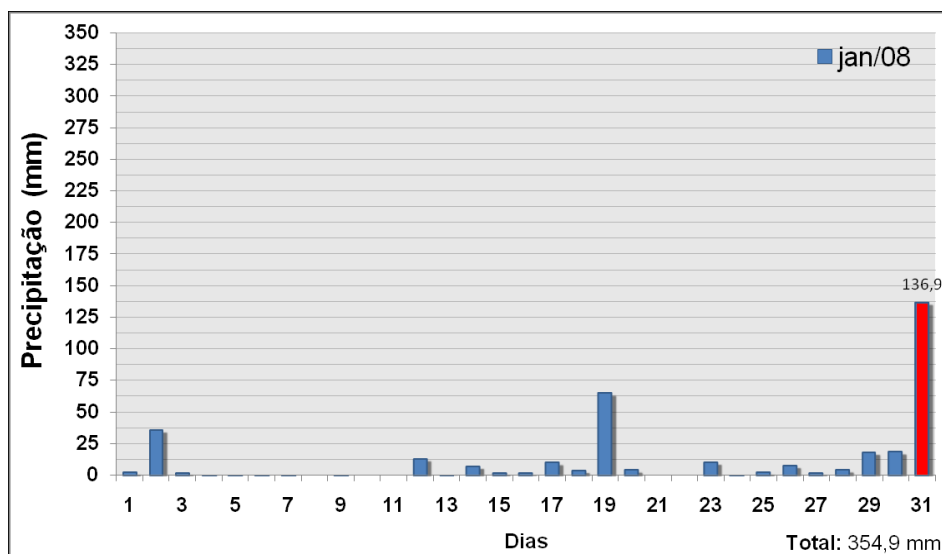


**Figura 4.37:** Escorregamento ocorrido no dia 09 de agosto de 2005. A) Loteamento Jardim das Palmeiras. B) Bairro Forquilha.

**Fonte:** DEDC/SC (A e B), dia 09/08/05.

O mês de janeiro de 2008 foi bastante chuvoso, com um total mensal de 354,9 mm, de acordo com a figura 4.38. As precipitações ocorridas durante o mês não tiveram um índice muito significativo, exceto no dia 19 que precipitou 65,1 mm. As chuvas se iniciaram no dia 30 de janeiro, a partir das 21:00 horas com um forte temporal, precipitando 292 mm em 24 horas, nos quais 136,9 mm foram apenas no dia 31, provocando inundações bruscas, alagamentos (figuras 4.39, 4.40 e 4.41) e escorregamentos na área de estudo, já que o índice de precipitações dos dias anteriores não foram significativos, não ultrapassando 19,0 mm. A maré mais alta ocorreu as 02:28 horas do dia 31, com 0,9 m, e o horário de maior concentração das chuvas ocorreu das 09 as 17 horas. No dia 01, a precipitação continuou ocorrendo até aproximadamente 09 horas da manhã, porém com um índice menos significativo. Foi decretada situação de emergência, com 21.100 pessoas desalojadas e 380 desabrigados, com quase R\$ 1.900.000 (um milhão e novecentos mil) em perdas, segundo dados da Defesa Civil de Santa Catarina. As chuvas ocorreram devido a um sistema de baixa pressão que atuou no litoral de Santa Catarina, formando muitas nuvens, associado a um jato Subtropical em altos níveis, que ficou mais ativo durante a tarde. O total precipitado no mês foi de 354,9 mm, um desvio positivo de 147,7% da normal que é de 240,2 mm. Aliados as inundações, segundo relatório da

Prefeitura Municipal de São José, obtidos na Defesa Civil, houve uma grande quantidade de lixo acumulado, que provocou a obstrução e entupimento de bueiros, contribuindo também para a poluição hídrica e para alagamentos. Houve também muitos escorregamentos em pontos isolados, e com o aumento do nível da lagoa de tratamento de efluentes da Casan, em Potecas, houve o risco do aumento da poluição hídrica e do solo, assim como dos perigos em relação à saúde.



**Figura 4.38:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Janeiro de 2008.



**Figura 4.39:** A) Inundação no dia 31 de janeiro de 2008 na rua Antônio Jovita Duarte, bairro Forquilha. B) Inundação e altura das águas no bairro Forquilha.

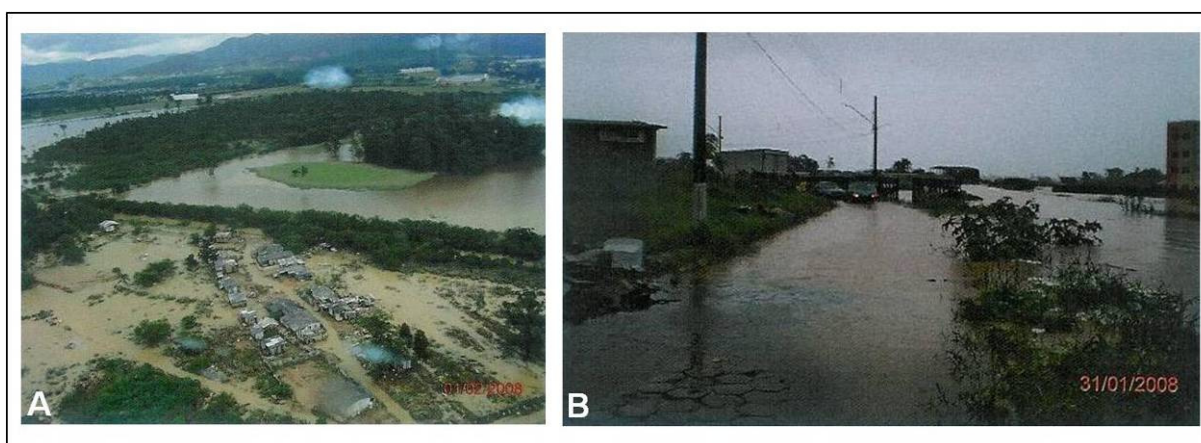
**Fonte:** DEDC/SC (A), dia 31/01/08; e [www.clikrbs.com.br](http://www.clikrbs.com.br) (B), dia 31/01/08.





**Figura 4.40:** A) Inundação próxima a estrada geral de Potecas no dia 31 de janeiro de 2008. B): Famílias sendo retiradas da inundação, bairro Potecas.

**Fonte:** DEDC/SC (A e B), dia 31/01/08.

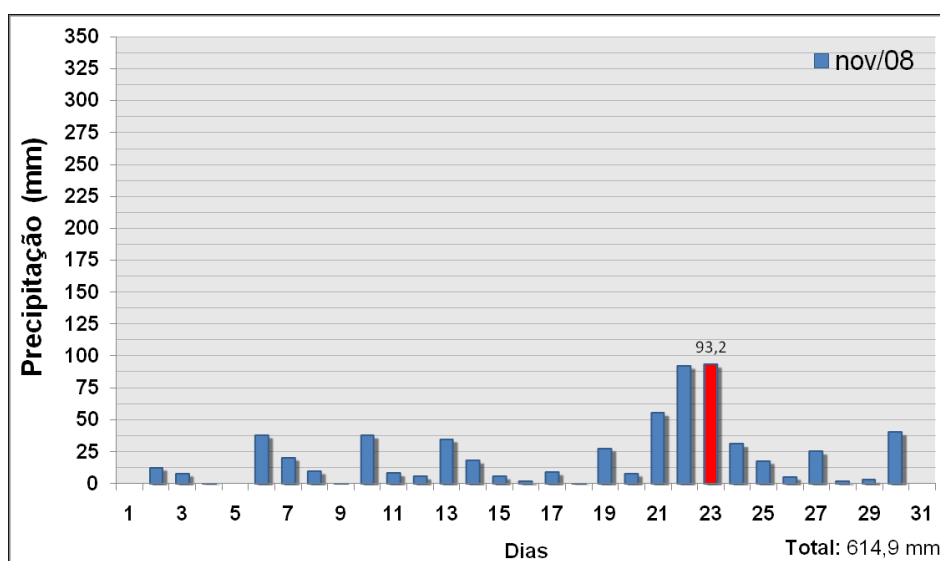


**Figura 4.41:** Vista Panorâmica da inundação no dia 01 de fevereiro de 2008 através do rio Forquilhas, bairro Flor de Nápoles. B) Transbordamento de canais de drenagem no dia 31 de janeiro de 2008 próximos ao rio Forquilhas, bairro Flor de Nápoles.

**Fonte:** DEDC/SC (A e B), dia 01/02/08 (A) e 31/01/08 (B).

O mês de novembro de 2008 foi o segundo mês em que mais ocorreram precipitações em todo o período analisado, totalizando 614,9 mm. A maré no dia 23 chegou a 1,1 m de altura as 11:30 e as 23:40 horas, podendo ter contribuído para o represamento do rio, causando inundações graduais na área de estudo, desabrigando 130 pessoas, desalojando 1200 e provocando um prejuízo de R\$ 915.230,00, segundo dados da Defesa Civil do Estado. A figura 4.42 mostra que foi um mês bastante chuvoso, principalmente nos dias 22, 23 e 24, no qual ocorreram 216,6 mm de chuvas apenas nesses dias. As chuvas ocorreram devido a um vórtice ciclônico aliado com a circulação marítima, que desloca umidade do mar para o continente que é provocado pelo predomínio dos ventos de leste em superfície. A

média mensal é de 166,4 mm, apresentando o maior desvio positivo de precipitação entre os anos analisados, com 369,5%.



**Figura 4.42:** Gráfico das Precipitações Diárias do Mês de Novembro de 2008.

O mês de novembro de 2008 foi excepcionalmente chuvoso em muitas regiões do Estado de Santa Catarina, com totais pluviométricos mensais nunca antes registrados, deixando mais de 50 municípios da zona costeira em estado de emergência e 10 em estado de calamidade pública. As precipitações acumuladas em 24 horas superaram as médias mensais em muitos municípios e os maiores volumes de chuva acumulados foram verificados na região do Vale do Itajaí e no Litoral Norte, ficando em 350% e 400% acima da média.

As chuvas se iniciaram no mês de setembro e foram contínuas até novembro, o que provocou a saturação do solo. No dia 19 de novembro, a circulação marítima (predomínio de ventos de leste), favorecida pela atuação de um sistema de alta pressão centrado no Atlântico, 'transportou' umidade do mar para o continente em níveis próximos à superfície, resultando em tempo instável com chuva persistente da Grande Florianópolis ao Litoral Norte, no médio e no baixo Vale do Itajaí Açu (EPAGRI/CIRAM, 2008), originando inundações graduais e escorregamentos com graves consequências nas áreas citadas.

Entre os dias 21 e 23 de novembro, a ocorrência de um vórtice ciclônico intensificou a instabilidade e a nebulosidade, no qual as chuvas contínuas passaram para uma intensidade que variava de moderada a forte, ampliando rapidamente as

áreas inundadas e originando também centenas de escorregamentos nas encostas. Segundo dados da Defesa Civil do Estado, os desastres ocasionaram a morte de 135 pessoas e deixaram 32 desaparecidas, desabrigando mais de 21.000 e desalojando 56.000, no qual os prejuízos estimados ultrapassaram bilhões de reais. Os estragos provocados pela chuva em Santa Catarina foram os piores em um século na região, segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM), e a ONU destacou o evento climático no País como um dos mais sérios do ano no mundo.

A síntese dos desastres naturais ocorridos na bacia do rio Forquilhas no período de 1980 a 2008 podem ser visualizados no quadro 8. Nesse quadro estão contidas informações sobre os índices pluviais que originaram os desastres e se foram precedidos ou não por dias chuvosos, assim como outras informações complementares, como o tipo de cada desastre e em qual estação ocorreu, o número de desabrigados e mortos, a gênese das chuvas e se houve a conjunção entre as precipitações e a maré alta.

**Quadro 8:** Síntese dos Episódios Climáticos Ocorridos na bacia do rio Forquilhas.

Índices Pluviais (mm)	Episódios Precedidos por: a: dias secos b: dias chuvosos	Maré Alta	Estações				Desastres Naturais			Número		Gênese das Chuvas							
			P	V	O	I	IB	IG	Esc.	Des.	Mort.	FQR	FF	SF	ZCAS	VC	BP	JTS	FFE
< 80	a: 6	1	1	2	1	2	5		1	306		1	3	2			1		
	b: 6	2	1	5				6	2	1529	1				2		1		1
80 a 100	a: 7	4	1	3	2	1	7		1				4	2		1			
	b: 1	1	1					1		130						1			
100 a 200	a: 9	5	1	5	3		9		4	662	1		6	1		1	4	1	
	b: 2	1	1	1				2	1				1			1			
> 200	a: 2	2	1	1			2		1	8000	7					2	1		
	b: 1	1		1				1	1	377	2			1		1			

**Fonte:** Relatório dos Eventos Adversos – DEDC/SC, Herrmann (1999), Souza (2006) e EPAGRI/CIRAM (2008).

**Legenda:**

**Estações:** P – Primavera  
V – Verão  
O – Outono  
I – Inverno

**Desastres Naturais:** IB – Inundação Brusca  
IG – Inundação Gradual  
Esc. – Escorregamento

**Número:** Des. – Desabrigados  
Mort. - Mortos

**Gênese das Chuvas:** FQR – Frente Quente de Retorno  
FF – Frente Fria  
SF – Sistemas Frontais  
ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul  
VC – Vórtice Ciclônico  
BP – Sistemas de Baixa Pressão  
JTS – Jato Subtropical  
FFE – Frente Fria Estacionária



### 4.3 Análise de Frequência das Chuvas

Os episódios pluviais ocorridos no período estudado podem ser enquadrados dentro do modelo analítico de padrão sequencial de precipitação proposto por Herrmann (1999), na qual os índices de precipitação são divididos em: inferior a 80 mm; de 80 a 100 mm; de 100 a 200 mm e superior a 200 mm, todos podendo ser precedidos ou não por dias chuvosos.

O índice de precipitação inferior a 80 mm obteve o maior número de ocorrências, possuindo 12 ao total, sendo que 6 foram precedidas por dias secos e 6 por dias chuvosos, havendo nessas ocasiões um total de 10 inundações e 3 escorregamentos. Do índice de 80 a 100 mm, 1 ocorrência foi precedida por dias chuvosos e 7 por dias secos, originando ao total 9 inundações e 1 escorregamento.

O índice que compreende 100 e 200 mm apresentou 11 ocorrências, sendo que 9 delas foram precedidas por dias secos e 2 por dias chuvosos, com um total de 11 inundações e 3 escorregamentos. E por fim, o índice superior a 200 mm corresponde a um total de 3 ocorrências, na qual 2 foram precedidas por dias secos e 1 por dias chuvosos, ocorrendo nessas ocasiões 3 episódios de inundações e 2 de escorregamentos, todos de Calamidade Pública.

Como já foi exposto, ao longo de 28 anos foram verificados 35 episódios pluviométricos que causaram inundações e escorregamentos na área de estudo. Desses episódios, 7 ocorreram nos anos considerados como padrão normal de precipitação, 24 ocorreram nos anos que apresentaram desvios positivos de precipitação e 2 ocorreram nos anos que apresentaram desvios negativos de precipitação. O quadro 8 sintetiza a frequência máxima de chuvas diárias (em 24, 48 ou 72 horas), a frequência máxima mensal e a frequência do número de dias chuvosos.

**Quadro 9:** Análise de Frequência das Chuvas nos dias em que Ocorreram Inundações e Escorregamentos na bacia do rio Forquilhas de 1980 a 2008.

<b>Frequência das Máximas de Chuva em 24, 48 e 72 horas (%)</b>									
<b>h/mm</b>	<b>&lt;25</b>	<b>25-49</b>	<b>50-74</b>	<b>75-99</b>	<b>100-124</b>	<b>125 – 149</b>	<b>150 – 174</b>	<b>175 - 199</b>	<b>&gt;200</b>
<b>24</b>	104	43	19	13	6	5	3	1	1
<b>48</b>	41	4	4	0	0	0	0	1	2
<b>72</b>	31	24	8	2	0	0	0	0	0

Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	Excepcional

<b>Frequência dos Totais Mensais de Chuva (%)</b>							
<b>mm</b>	<b>&lt; 50</b>	<b>50 - 99</b>	<b>100 -149</b>	<b>150-199</b>	<b>200 - 249</b>	<b>250 - 299</b>	<b>&gt; 300</b>
<b>T. M.</b>	24	51	54	35	29	14	17

<b>Frequência do Número de Dias de Chuva (%)</b>					
<b>Dias</b>	<b>&lt; 5</b>	<b>5 - 10</b>	<b>11 – 15</b>	<b>16 - 20</b>	<b>&gt;20</b>
<b>N.D.C</b>	0	2	12	12	7

**Fonte:** Modificado de Herrmann (1999).

### **Frequência Máxima Diária de Chuvas**

Segundo o quadro 8, a frequência máxima de chuvas diárias predominante na área de estudo refere-se ao total pluvial inferior a 25 mm, com 56,2%, e quando essa precipitação esteve concentrada em 48 e 72 horas, os índices de frequência correspondentes foram 23,2% e 17,6%. Sendo assim, esse valor corresponde a uma classe muito baixa para um dia de chuva ou quando concentrado em dois e três dias, presumindo-se assim que a probabilidade de ocorrência de eventos extremos é também muito baixa.

A frequência máxima de chuvas entre 25 e 49 mm corresponde a 22,6% do total, correspondendo à classe baixa, e quando essa precipitação se concentra em 48 ou 72 horas, insere-se na classe muito baixa. A frequência de precipitação de 50 a 74 mm totaliza 9,9%, correspondendo à classe média quando concentrada em 24 horas, à classe baixa quando concentrada em 48 horas e à classe muito baixa quando concentrada em 72 horas.

As classes referentes aos totais pluviais de 75 a 99 mm, 100 a 124 mm, 125 a 149 mm, 150 a 174 mm e 175 a 199 mm são as menos predominantes, porém esses índices são os responsáveis por grande parte dos episódios pluviais registrados na bacia do rio Forquilhas, pois a partir de 80 mm, quer diário ou quer obtido através de dias consecutivos de chuvas, são frequentes os registros de inundações e escorregamentos nos locais mais suscetíveis da área de estudo.

A classe que abrange a frequência de 75 a 99 mm de chuvas totalizam 4,7%, correspondendo à classe média, e quando concentradas em 24 e 48 horas correspondem à classe baixa. O limite de frequência de 100 a 124 mm abrangem 1,9% e correspondem à classe alta quando concentradas em 24 horas, à classe média quando concentradas em 48 horas e à classe baixa quando concentradas em 72 horas.

A frequência de chuvas abrangendo os limites de 125 a 149 mm correspondem à classe alta e quando concentradas em 24 e 72 horas correspondem à classe média, totalizando 1,5%. A frequência de 150 a 174 mm abrangem 0,9% e correspondem à classe muito alta, e quando concentradas em 48 ou 72 horas correspondem à classe alta. A frequência máxima de chuvas de 175 a 199 mm totalizam 0,6%, correspondendo à classe muito alta entre os 3 conjuntos de horas.

A frequência máxima de chuvas relacionadas aos índices pluviométricos excepcionais, superiores a 200 mm diários, totalizam 1,2%, correspondendo à classe excepcional quando concentrados em 24 ou 48 horas e à classe muito alta quando concentrados em 72 horas. Para Herrmann (1999), “o tempo de recorrência desses episódios pluviais extremos é difícil de saber, e a frequência e as variações de intensidade apenas podem ser antevistos como probabilidades”.

### **Frequência Máxima Mensal de Chuvas e Totais de Dias Chuvosos**

A maior porcentagem relacionada com os totais mensais de precipitação foi de 24,1%, situada na faixa entre 100 a 149 mm. A frequência da precipitação inferior a 50 mm totalizou 10,7% e a superior a 300 mm foi de 7,5%. Com relação ao número de dias chuvosos, o período predominante correspondeu ao de 11 a 20 dias, com 72,7%, chamando a atenção para o ano de 2008, onde o mês de janeiro

apresentou 26 dias de precipitações e o mês de novembro 28 dias. Sendo assim, pode-se avaliar que as chuvas na área de estudo são moderadas e constantes durante o ano todo, praticamente não existindo meses com estiagens prolongadas.

Ao total, ocorreram 44 desastres em todo o período analisado na bacia do rio Forquilhas, sendo que o desastre mais frequente são as inundações bruscas, com 23 ocorrências, seguidas pelos escorregamentos, com 11 ocorrências, e pelas inundações graduais, com 10 ocorrências.

Ressaltando que esses desastres são apenas os que estão registrados nos relatórios de avaliação de danos da Defesa Civil do Estado de Santa Catarina. Isso significa que os municípios impactados apenas possuem registros nos casos de Situação de Emergência ou de Calamidade Pública, porém é comum na área de estudo o constante problema das inundações e dos alagamentos, principalmente nos bairros de Flor de Nápoles e de Picadas do Sul, que estão localizados nas áreas mais baixas da bacia e estão mais próximos do leito do rio Forquilhas.

Sendo assim, se fosse possível contabilizar todos os registros dos desastres que ocorrem na área de estudo, os números seriam bem maiores, o que reforça o fato da necessidade do planejamento e da fiscalização das áreas a serem ocupadas, evitando assim problemas futuros devido ao inadequado uso da terra.

## **5. DISCUSSÃO DOS ASPECTOS NATURAIS E DE USO DA TERRA RELACIONADOS À OCORRÊNCIA DE INUNDAÇÕES E ESCORREGAMENTOS**

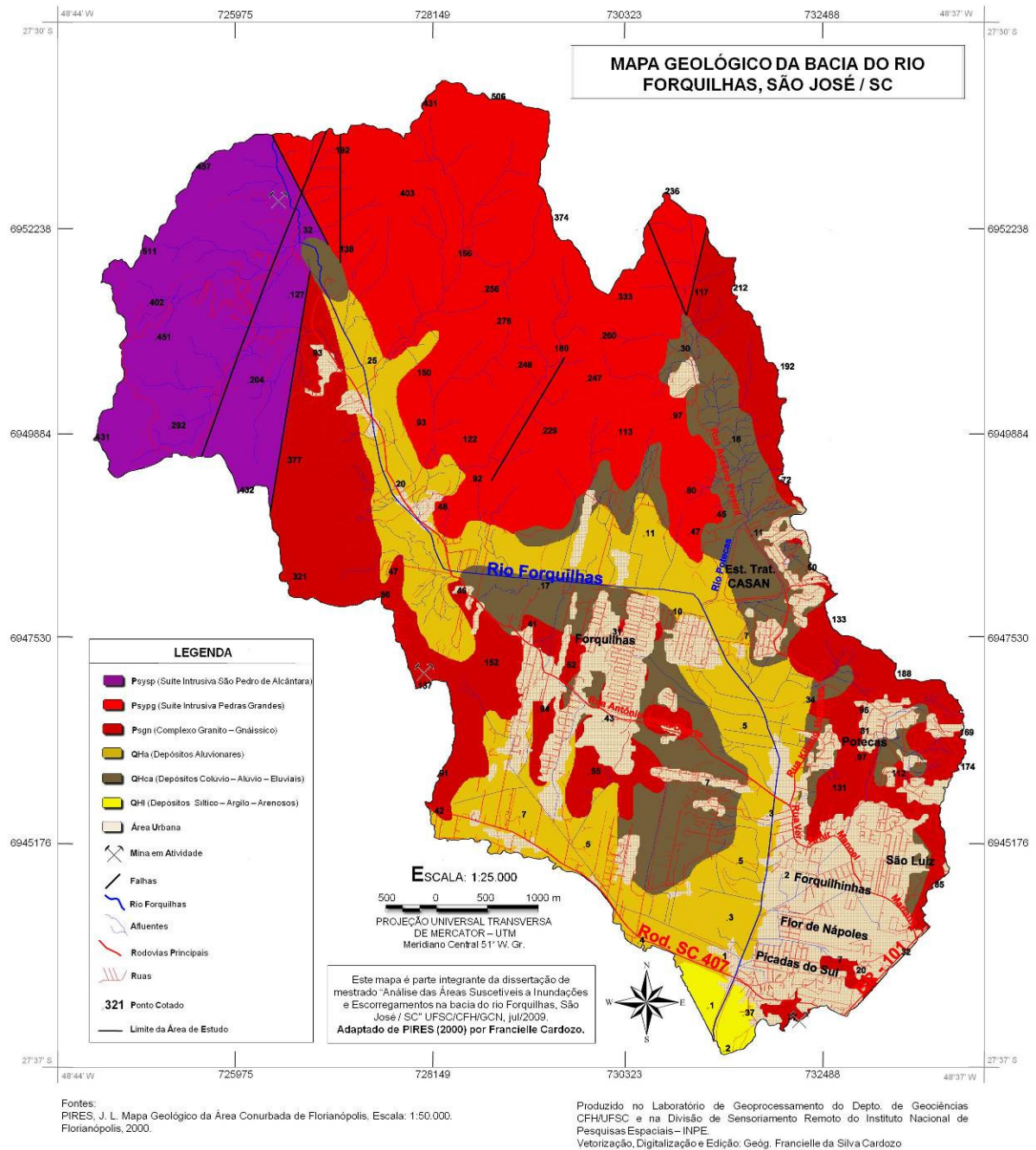
### **5.1 Aspectos Geológicos**

O estudo da geologia, como já mencionado no capítulo 3.3.1 é de grande importância no conhecimento das áreas suscetíveis a escorregamentos, pois auxilia na identificação da resistência dos terrenos, principalmente quando está relacionado com o uso e ocupação pela população.

De acordo com Pires et al. (1995) e Pires (2000), a geologia da área de estudo, presente no mapa 3, é caracterizada por seis unidades litoestratigráficas, a Suíte Intrusiva São Pedro de Alcântara, a Suíte Intrusiva Pedras Grandes, o Complexo Granito-Gnáissico, os Depósitos Aluvionares, os Depósitos Colúvio-Alúvio-Eluviais e os Depósitos Síltico-argilosos de Baías e Lagunas

No Domínio do Embasamento Cristalino, na Unidade Geomorfológica Serras do Leste Catarinense, situam-se as suítes intrusivas São Pedro de Alcântara, Pedras Grandes e o Complexo Granito-Gnáissico. A Suíte Intrusiva São Pedro de Alcântara está localizada a noroeste da bacia e compreende 6,63 km<sup>2</sup> de extensão. A Suíte Intrusiva Pedras Grandes abrange a maior parte da área de estudo, com 14,08 km<sup>2</sup> de extensão, e está localizada no setor norte-nordeste da bacia. E o Complexo Granito-Gnáissico está presente em 10,05 km<sup>2</sup> de extensão, localizado em determinados setores a oeste e leste da área de estudo, sendo a unidade mais suscetível a ocorrência de escorregamentos por ser formado pela associação de rochas gnáissicas, graníticas e migmatíticas (FERREIRA, 1994; PIRES et al., 1995; PIRES, 2000), sendo que grande parte da área urbanizada da bacia está presente nesta unidade litoestratigráfica.

No Domínio da Cobertura Sedimentar Quaternária, na Unidade Geomorfológica Planícies Costeiras, situam-se os Depósitos Aluvionares, os Depósitos Colúvio-Alúvio-Eluviais e os Depósitos Síltico-argilosos de Baías e Lagunas. Os Depósitos Aluvionares estão presentes em uma área de 10,07 km<sup>2</sup> de extensão, localizados principalmente junto ao leito do rio Forquilhas e afluentes e em uma pequena porção no setor sudoeste da área de estudo. Os Depósitos Colúvio-Alúvio-Eluviais estão localizados na baixa encosta, fazendo limite com a planície



**Mapa 3:** Mapa Geológico da bacia do rio Forquilha.  
(Mapa reduzido a partir da versão impressa desta dissertação).

costeira, e estão presentes no setor central do local de estudo, abrangendo 7,56 km<sup>2</sup>. As encostas com depósitos coluviais espessos necessitam de cuidados no que concerne à ocupação urbana, pois a interferência humana propicia a ocorrência dos movimentos de massa, tornando necessário, portanto, que se mantenha a estabilidade do local através de algumas medidas, como por exemplo, a manutenção da vegetação. E os Depósitos Síltico-Argilo-Arenosos de Baias e Lagunas estão localizados em uma pequena porção sul da área de estudo, abrangendo 0,41 km<sup>2</sup> de extensão (FERREIRA, 1994; PIRES et al.; 1995; PIRES, 2000).

Há também a presença de algumas falhas<sup>2</sup> na área de estudo que se estendem basicamente em duas direções, no sentido nordeste-sudoeste e no sentido noroeste-sudeste. A presença delas indica a adoção de alguns critérios de segurança quanto à ocupação humana, pois elas podem favorecer as alterações das rochas e as movimentações dos solos, influenciando também na intemperização das rochas e nos padrões de drenagens.

## 5.2 Aspectos Geomorfológicos

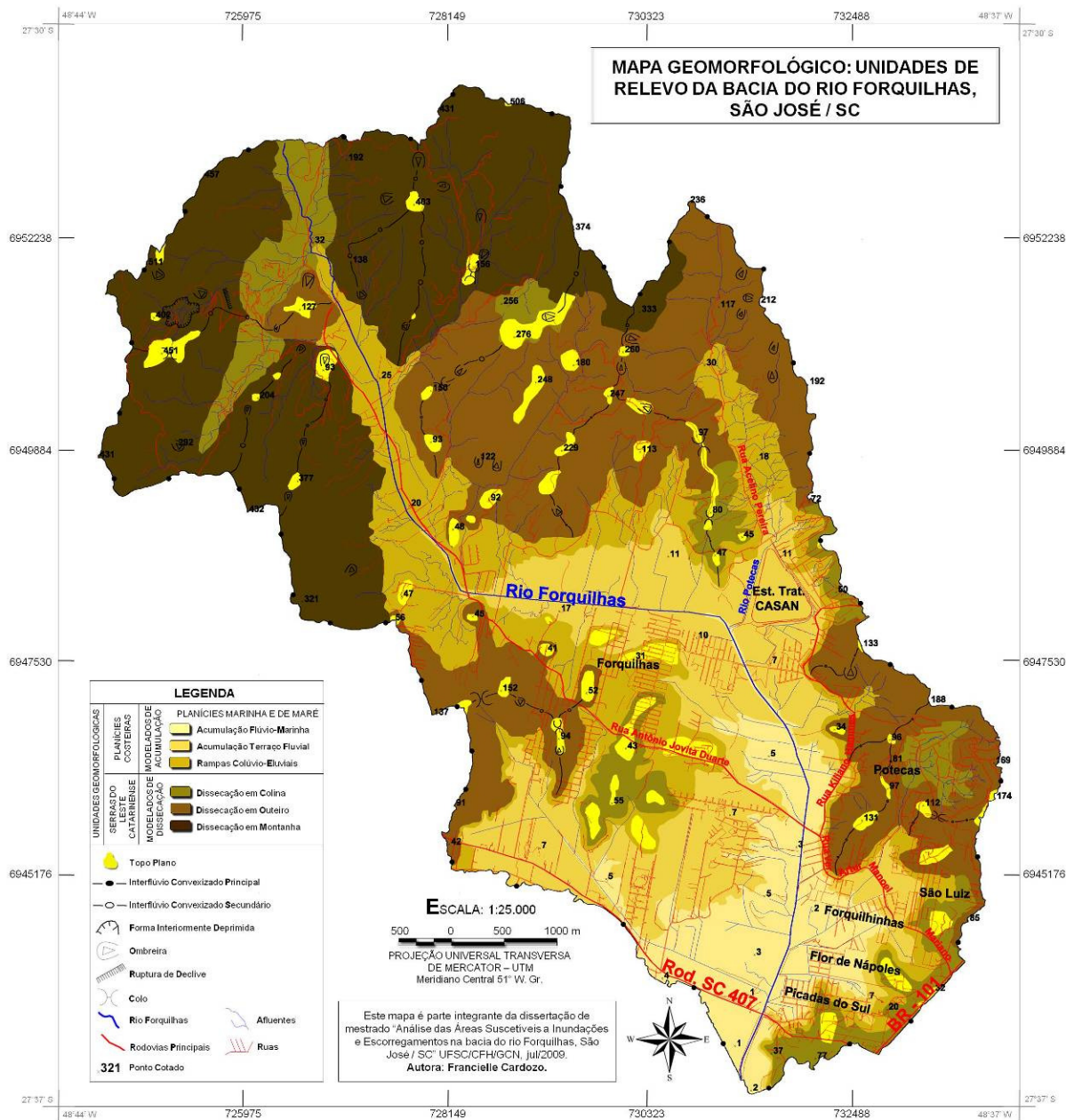
O estudo da geomorfologia, como também já foi discutido no capítulo 3.3.1, possibilita a análise detalhada das diferentes feições e modelados do relevo, auxiliando assim na identificação das áreas suscetíveis a escorregamentos e inundações. A geomorfologia que abrange a unidades do relevo da bacia do rio Forquilhas podem ser visualizadas no mapa 4.

A Unidade Geomorfológica Serras do Leste Catarinense está inserida no Domínio do Embasamento Cristalino, abrangendo os Modelados de Dissecação em Montanha, Outeiro e Colina. O Modelado de Dissecação em Montanha está presente nos setores do alto vale, principalmente na porção norte/noroeste, ocupando 13,53 km<sup>2</sup>. É a forma de relevo que possui maior suscetibilidade aos escorregamento, pois o relevo nessa área é bem acidentado, possuindo muitos locais com declives acima de 45°. As formas das encostas retilíneas estão presentes em maior parte neste modelado, que possui altitudes que chegam a 515 metros. A

---

<sup>2</sup> As falhas são, de acordo com Guerra e Guerra (1997, p. 265) “rupturas e desnivelamento na continuidade das camadas que apresentaram certo grau de rigidez por ocasião de movimentos tectônicos”.





**Mapa 4:** Mapa Geomorfológico: Unidades de Relevo da bacia do rio Forquilhas. (Mapa reduzido a partir da versão impressa desta dissertação).



urbanização neste setor é praticamente nula, existindo apenas alguns núcleos urbanos próximos ao leito do rio Forquilhas.

O Modelado de Dissecação em Outeiro é a forma de relevo predominante na bacia, possuindo uma área de 13,86 km<sup>2</sup> de extensão, e estão situados na faixa de transição entre os setores planos da Planície Costeira, com altitudes em torno de 30 metros, e os montanhosos, com altitudes superiores a 200 metros. Grande parte da urbanização da bacia desenvolve-se sobre essa forma de relevo, que também apresenta muitas áreas de encostas declivosas, o que acentua a probabilidade de ocorrência de escorregamentos para essa população.

O Modelado de Dissecação em Colina abrange uma área de 5,08 km<sup>2</sup> de extensão, situado em uma faixa de transição entre os modelados de dissecação em outeiro e as áreas planas da planície costeira. São encontradas as formas de encosta côncavas e convexas neste modelado, e os declives são menos acentuados, não passando de 30°, onde as áreas urbanas presentes neste modelado se encontram mais ao sul da bacia.

A Unidade Geomorfológica Planícies Costeiras está Inserida no Domínio Morfoestrutural Cobertura Sedimentar Quaternária, abrangendo os Modelados de Acumulação Planície Flúvio-Marinha, Terraço Fluvial e Rampas Colúvio-Eluviais, que pertencem ao Compartimento das Planícies Marinhas e de Maré. O Modelado de Acumulação Planície Flúvio-Marinha está presente nas áreas planas da bacia do rio Forquilhas, caracterizado por possuir baixa declividade e está localizado próximo ao leito do rio Forquilhas e seus afluentes, até uma faixa de aproximadamente 5 metros, abrangendo uma área de 4,55 km<sup>2</sup> de extensão, sendo o local que possui a maior concentração da urbanização em toda a bacia.

O Modelado de Acumulação Terraço Fluvial é caracterizado por possuir superfícies planas com pequena inclinação para a rede fluvial atual ou sub atual, e na área de estudo se localiza em locais que também possuem baixas declividades, situado em uma faixa de transição entre a planície flúvio-marinha e o modelado de acumulação coluvial, abrangendo uma área de 8,73 km<sup>2</sup> de extensão, com altitudes que chegam a 15 metros, possuindo também uma expressiva urbanização localizada nessa classe.

O Modelado de Acumulação Rampas Colúvio-Eluviais são superfícies rampeadas e abrangem uma área de 8,22 km<sup>2</sup> de extensão, no qual as altitudes nesse modelado situam-se na faixa em torno de 30 metros. A urbanização nessa classe, assim como nos outros modelados da planície, também é expressiva, porém a declividade é maior, com aproximadamente 15°.

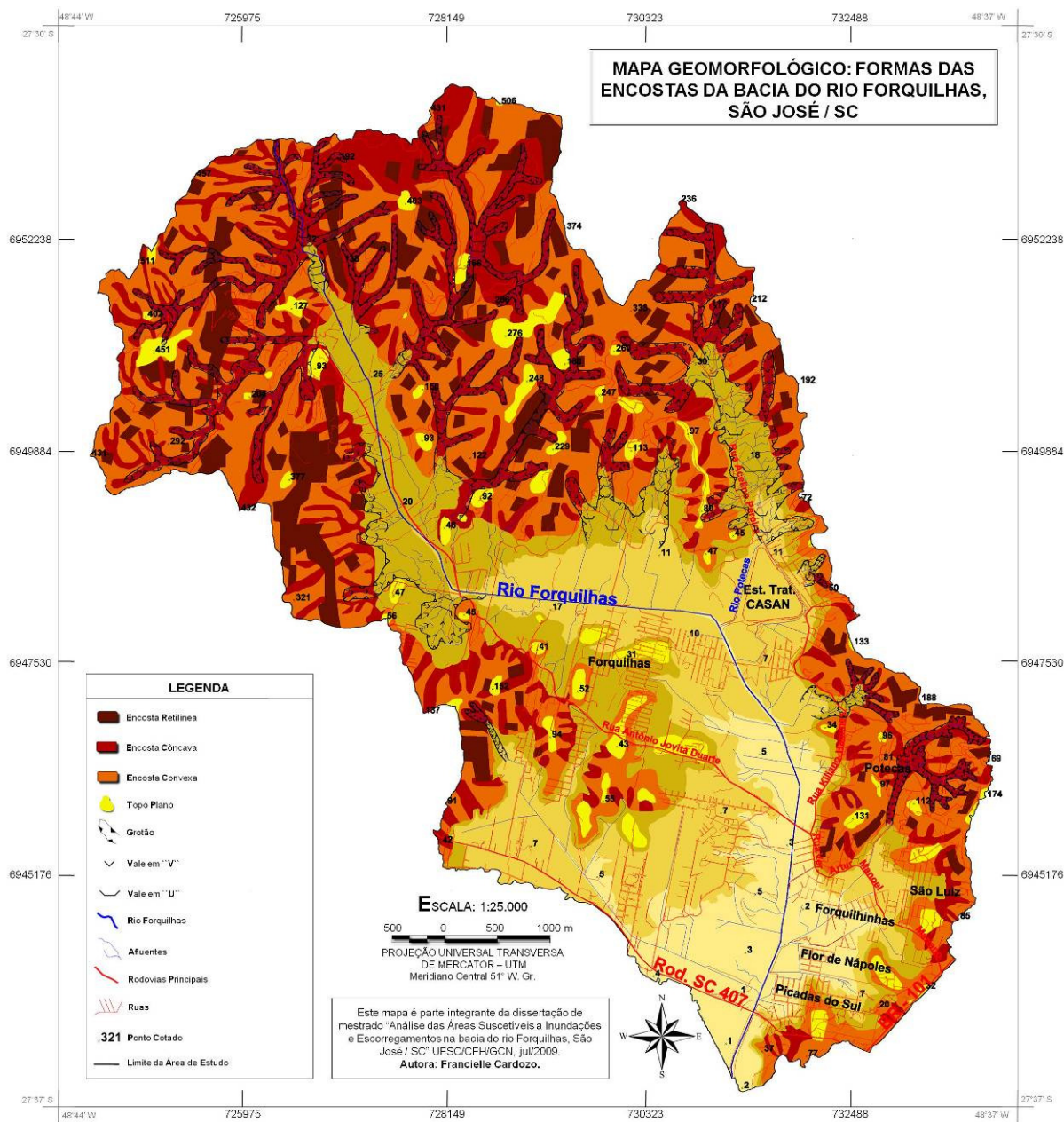
### **5.3 Formas das Encostas**

As feições do relevo que vão condicionar a instalação das ocupações urbanas podem ser representadas pelas diferentes formas das encostas (côncavas, convexas e retilíneas), e de acordo com cada uma dessas formas, é possível fazer uma análise sobre a declividade de um local, a velocidade do escoamento superficial e, principalmente, as áreas suscetíveis aos movimentos de massa, destacando-se as encostas retilíneas, por isso é muito importante o estudo referente ao mapeamento das formas das encostas em qualquer área de estudo, que estão representadas no mapa 5.

As encostas se situam entre os fundos dos vales e os topos ou cristas, definindo as amplitudes do relevo e seus gradientes topográficos. As formas convexas, côncavas ou retilíneas, resultantes da ação de processos erosivos e/ou deposicionais no tempo, condicionam a espacialização dos processos erosivos-deposicionais subsequentes (COELHO NETO, 1994).

A forma de encosta que está presente na maior parte na área de estudo é a convexa, com 15,23 km<sup>2</sup> de extensão e que se estende por toda a bacia. Essa forma representa menos perigo em relação aos movimentos de massa, pois ocorre em áreas pouco declivosas.

As formas de encostas côncavas estão presentes também em determinados setores da bacia, com uma extensão de 11,11 km<sup>2</sup>. Esse tipo de forma de encosta representa maior suscetibilidade à ocorrência de escorregamentos do que a forma de encosta convexa, pois tendem a concentrar o escoamento superficial, favorecendo a erosão. Sendo os mais favoráveis a ocorrência de escorregamentos, caracterizam-se por apresentar espesso manto superficial e convergência de fluxo de água, que favorecem o grande volume de material a ser mobilizado



**Mapa 5:** Mapa Geomorfológico: Formas das Encostas da bacia do rio Forquilhas. (Mapa reduzido a partir da versão impressa desta dissertação).

(FLORENZANO, 2008). Esse fato é reforçado por Fernandes et al. (2001), Dias (2000) e Cristo (2002), onde reafirmam que os mecanismos que levam instabilização das encostas tornam-se mais importante nas porções côncavas do relevo, geralmente preenchidas por depósitos coluviais, representando zonas de convergências tanto superficiais quanto subsuperficiais.

A forma de encosta retilínea está presente em determinados setores da área de estudo, abrangendo 4,26 km<sup>2</sup>. É a forma de encosta que representa maior perigo em relação aos movimentos de massa, pois se encontram em áreas fortemente acidentadas e com altas declividades, acima de 45°, e essa classe se encontra por toda a bacia, inclusive próximas as áreas urbanizadas, o que aumenta ainda mais a suscetibilidade frente aos escorregamentos.

Os grotões que delimitam os vales com vertentes côncavas também foram mapeados, e constituem áreas com grande suscetibilidade aos escorregamentos. Foram mapeados, também, os vales em “V” e em “U”. Os vales em “V” representam a drenagem encaixada, onde a água possui alta velocidade de escoamento fluvial, emitindo grandes quantidades de sedimentos para as áreas de planície, favorecendo, assim, o assoreamento das drenagens e, conseqüentemente, a ocorrência das inundações, e os vales em “U” representam os locais onde a o escoamento fluvial é lento, possuindo baixo poder erosivo, mas essas áreas planas de fundo de vale podem estar sujeitas a pequenos alagamentos, por ocasiões de grandes inundações.

O mapa das formas das encostas complementa a caracterização geomorfológica e é um fator que favorece na delimitação das áreas suscetíveis a escorregamentos, considerando que as diferentes formas de encostas estão associadas aos modelados de dissecação do relevo.

#### **5.4 Aspectos Pedológicos**

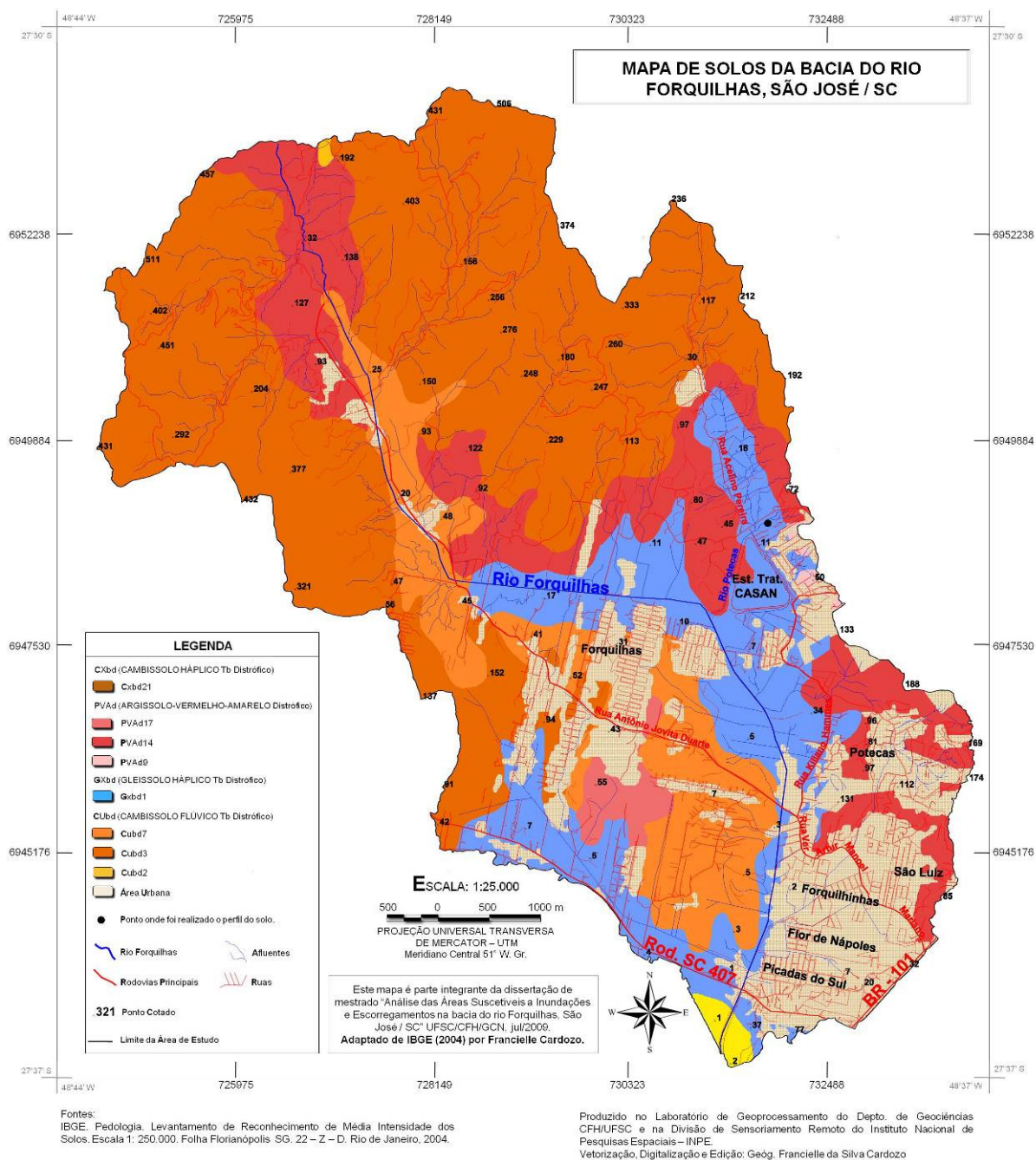
O estudo e análise dos solos, como já foi comentado no capítulo 3.3.2, também são importantes na pesquisa referente às áreas suscetíveis aos escorregamentos, principalmente na busca da identificação da espessura das

camadas, que podem promover a saturação ou a retenção da água. Os 4 tipos de solos identificados na bacia do rio Forquilhas podem ser visualizados mapa 6.

O ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (PVAd9) podem ser encontrados na área de estudo em locais de relevos suave ondulado, e estão localizados em dois pequenos setores a leste da bacia, compreendendo uma área de 0,019 km<sup>2</sup> de extensão. O ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (PVAd14) é o tipo de solo que possui maior suscetibilidade à ocorrência de escorregamentos na área de estudo, principalmente por possuírem textura média/argilosa e se localizarem em locais de relevo forte ondulado. É a terceira maior classe de solo encontrado na bacia, em uma área de 8,90 km<sup>2</sup> de extensão, e estão localizados em uma grande faixa central que se estende para leste e em mais duas grandes faixas do setor leste na área inferior da bacia. O ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (PVAd17) são encontrados em relevo ondulado e na área de estudo estão localizados em uma pequena área no setor central da bacia, possuindo 1,05 km<sup>2</sup> de extensão.

O CAMBISSOLO FLÚVICO Tb Distrófico (CUbd2) são encontrados em locais de relevo plano e suave ondulado e na área de estudo está localizado em uma pequena área do setor norte da bacia, sendo é a menor parcela de solo encontrada na bacia, com 0,04 km<sup>2</sup> de extensão. O CAMBISSOLO FLÚVICO Tb Distrófico (CUbd3) estão localizados em uma grande área central na parte inferior da bacia, próximo ao rio Forquilhas, e na parte superior da bacia é encontrado em outra área central que se estende de sul para norte, possuindo 6,96 km<sup>2</sup> de extensão. O CAMBISSOLO FLÚVICO Tb Distrófico (CUbd7) são encontrados em locais de relevo plano e na bacia estão localizados em uma pequena área ao sul, com 0,27 km<sup>2</sup> de extensão.

O CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (CXbd21) são encontrados em locais de relevo montanhoso e forte ondulado. É o solo predominante na área de estudo, com 23,73 km<sup>2</sup> de extensão, e estão localizados em uma grande área central na parte superior da bacia, que se estende para leste e para norte, e em outra grande área no setor oeste da bacia, que se estende de sul para norte. Por fim, o GLEISSOLO Háplico Tb Distrófico (GXbd1) são encontrados em locais de relevo plano, sendo o segundo solo mais encontrado na bacia, com 9,34 km<sup>2</sup> de extensão,



**Mapa 6:** Mapa de Solos da bacia do rio Forquilha.  
(Mapa reduzido a partir da versão impressa desta dissertação).



localizados em uma grande área no limite oeste inferior da área de estudo, e em outra grande área central que se estende de sul para norte e de leste para oeste, grande parte próxima do leito do rio Forquilhas.

#### **5.4.1 Perfis de Solos**

Para se ter um detalhamento maior das características do solo na área mapeada da bacia do rio Forquilhas, foi feito um perfil de solo localizado no setor da média encosta, no qual aspectos pedológicos como textura, estrutura, composição, cerosidade, presença de raízes, espessuras dos horizontes e profundidade do lençol freático foram analisados. Para o desenvolvimento dessa atividade contou-se com o apoio do Agrônomo Sérgio Shimizu do IBGE - SC.

#### **5.4.2 - Descrição do Perfil de Solo**

O local onde foi feito o perfil do solo foi escolhido por ser o mais adequado à descrição, já que não foi possível encontrar outro corte ideal para a análise nas outras áreas mapeadas. Esse ponto está localizado na média encosta, próximo a Estação de Tratamento da Casan, no bairro de Potecas.

#### **Perfil de Solo 1 (P1)**

O perfil situa-se numa altitude de 15 metros, onde o solo é o ARGISSOLO VERMELHO Distrófico(?) típico, textura média/argilosa, horizonte A moderado, localizado em relevo ondulado, proveniente da decomposição de rochas graníticas, não pedregoso e não rochoso. O solo apresenta-se bem drenado e com erosão moderada, situado no modelado de dissecação em outeiro, recoberto por uma cobertura vegetal arbórea, em relevo com grande inclinação do terreno (16 – 30°), localizado especificamente no terço médio inferior de uma elevação, com cerca de 15% a 18% de declive e sob cobertura de gramíneas, conforme figura 5.1.

#### **Horizontes de Solo - P1 - Descrição Morfológica**

#### **Especificação do solo: ARGISSOLO VERMELHO Distrófico.**

**Ap** 0 – 15 cm, bruno a forte (7,5YR 4/6, úmido) e bruno a bruno forte (7,5YR 5/5, seco) franco argiloso, estrutura forte muito pequena a pequena granular e fraca muito pequena, blocos subangulares, ligeiramente dura, friável, plástica e pegajosa, transição plana e clara.

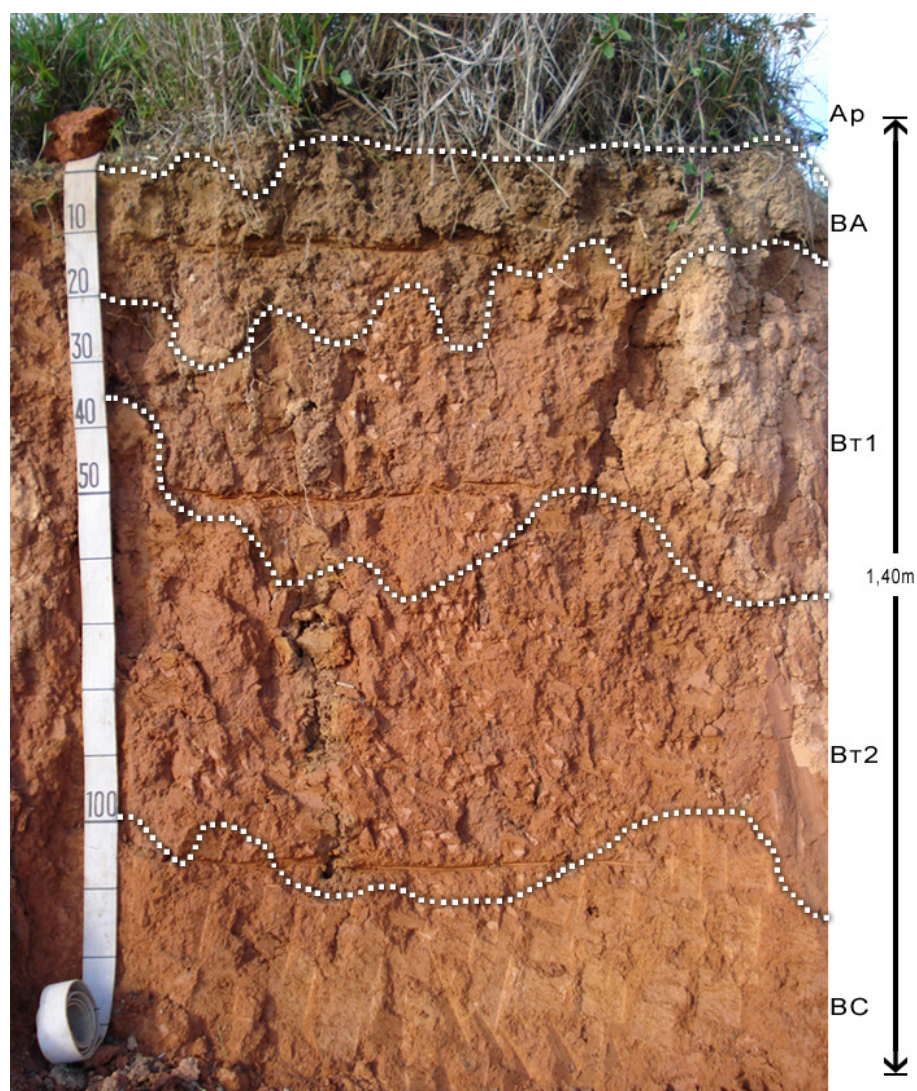
**BA** 15 – 30 cm, vermelho (2,5YR 4,5/8); argiloso; estrutura moderada pequena e média, blocos subangulares e angulares; dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

**Bt1** 30 – 50 cm, vermelho (2,5YR 4/7), argiloso; estrutura moderada a forte pequena e média, blocos subangulares e angulares, cerosidade comum e moderada, muito duro, firme, plástico e pegajoso, transição plana e difusa.

**Bt2** 50 – 110 cm, vermelho (2,5YR 4/8), argiloso, composta de moderada a forte média e pequena, blocos subangulares e angulares e blocos prismáticos, cerosidade comum e moderada, plástico e pegajoso, transição plana e gradual.

**BC** 110 – 140 cm+, vermelho amarelado (5YR 5/8), mosqueado comum, pequeno e proeminente, amarelo-brunado (10YR 6/7), argila siltosa, maciça, dura, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

**Raízes:** Finas, abundantes no Ap, comuns no BA e raras no Bt1.



**Figura 5.1:** Local onde foi feita a descrição do perfil do solo.

**Autor:** Francielle Cardozo.



## EXPESSURA DOS HORIZONTES

**Ap:** 0 – 15 cm.

**BA:** 15 – 30 cm.

**Bt1:** 30 – 50 cm.

**Bt2:** 50 – 110 cm.

**BC:** 110 – 140 cm+.

O perfil descrito foi realizado em um corte de barranco, onde a textura apresenta grãos de quartzo ao longo do perfil e próximo a ele há uma área de empréstimo onde se destacam matacões. O material intemperizado possui espessura muito profunda, em torno de 15 metros, e não foi coletado material para fins de análise física e química, pois o objetivo principal era identificar o solo até o segundo nível categórico (Ordem e Subordem).

Com a informação obtida a partir do perfil do solo analisado, conforme figura 5.1, pôde-se fazer uma avaliação quanto aos aspectos pedológicos observados, que auxiliam na pesquisa referente às áreas suscetíveis a escorregamentos. O solo ARGISSOLO VERMELHO Distrófico é originado da alteração dos granitos presentes na área, onde a argila aparece de forma predominante em sua composição, indicando um solo com baixa capacidade de infiltração e favorável ao acúmulo de água superficial.

A grande capacidade de armazenamento de água no solo argiloso pode tornar alguns locais perigosos, pois a não liberação da água permite que o solo fique saturado por até muitos dias após uma precipitação, onde a água que infiltrará será somada com a água que já estava armazenada no solo, fazendo com que aumente a poro-pressão e em consequência disso podendo originar um escorregamento.

Somado a esses fatores, o acúmulo de água próximo da superfície pode aumentar a suscetibilidade às inundações e alagamentos nas áreas planas e baixas, além de facilitar a movimentação de massa em áreas íngremes pelo aumento do poder erosivo da água.

O solo analisado é pouco profundo, ficando em média com espessura de 1,40m. Essa característica requer cuidados especiais para ocupação humana, podendo ser um indicativo da possibilidade de ocorrerem movimentos de massa do

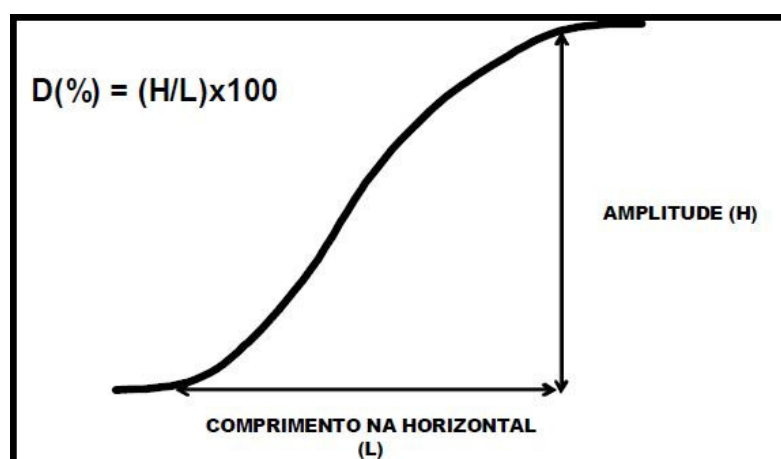
tipo deslizamentos/escorregamentos translacionais que se desenvolvem próximos à superfície (CRISTO, 2002).

A presença das raízes no local varia com a profundidade conforme o porte da cobertura vegetal existente, e como a vegetação desse local é composta por gramíneas, as raízes aparecem do horizonte Ap ao horizonte BA. Em locais que possuem cobertura vegetal arbórea, a profundidade das raízes podem variar de 1 a 1,05 metros, verificando-se assim a importância da preservação desse tipo de vegetação na área de estudo, pois raízes mais profundas possuem maior poder de fixação do solo, principalmente em áreas com grande inclinação ( $> 30^\circ$ ), auxiliando na proteção desses locais em relação aos escorregamentos.

### 5.5 Declividade

O estudo sobre as diferentes inclinações de um terreno são fundamentais no mapeamento de áreas de risco, pois permitem a análise dos locais que são sujeitos a inundações e escorregamentos, e, principalmente, dos locais propícios as instabilizações de encostas (CRISTO, 2002).

Segundo o Ministério das Cidades/IPT (2007) “a declividade representa o ângulo de inclinação em uma relação percentual entre o desnível vertical (H) e o comprimento na horizontal (L) da encosta (declividade =  $H/L \times 100$ ), exposto na figura 5.2.



**Figura 5.2:** Cálculo da declividade.  
**Fonte:** Ministério das Cidades/IPT (2007).

Para Saito (2004) “a declividade é considerada, em muitos estudos sobre escorregamentos, como o aspecto mais relevante a ser analisado... todavia em

áreas de baixa declividade também ocorrem escorregamentos, pois podem conter acumulação de depósito de vertentes”.

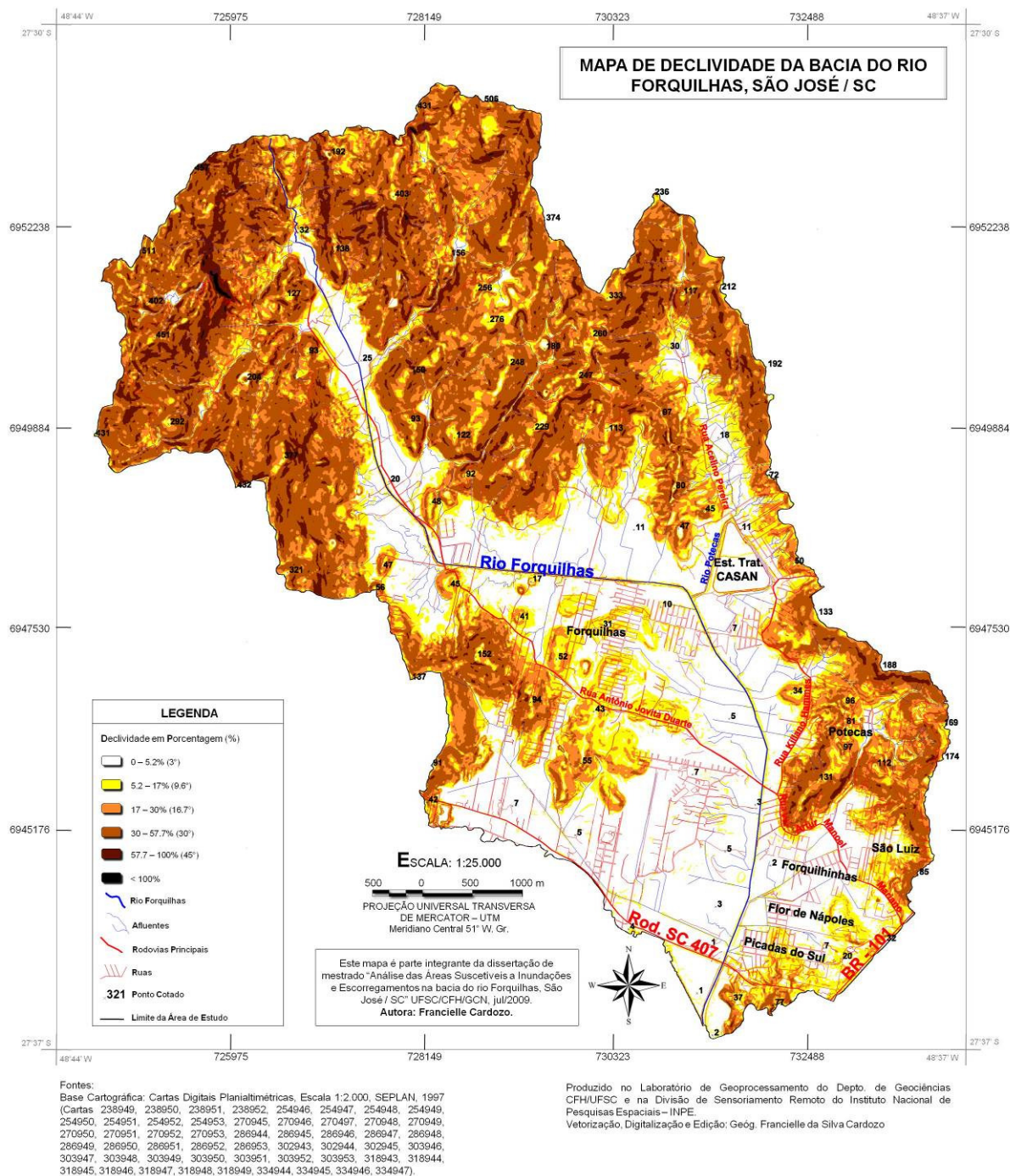
A declividade pode variar de acordo com o tipo de solo, rocha, relevo, ou de acordo com as intervenções antrópicas, como cortes e aterros, e existem valores de referência para este parâmetro, e como referência tem-se: 17° (30%) segundo a Lei Lehman (Lei Federal 6766/79), que determina que áreas com declividades acima de 30% devem ter sua ocupação condicionada a não existência de riscos (verificado por laudo geológico-geotécnico); e 20°- 25°, no qual já se iniciam os deslizamentos na Serra do Mar no litoral paulista. Porém, mesmo com as referências apresentadas, cada área deve passar por avaliação, principalmente a partir do reconhecimento de deslizamentos já ocorridos (MINISTÉRIO DAS CIDADES/IPT, 2007).

Para a análise da declividade adotou-se os intervalos de classes de acordo com os aspectos da legislação Municipal vigente, o Plano Diretor do município de São José e o Código Florestal, onde as áreas entre 0 e 30% são passíveis de serem ocupadas; de 30 a 45% são consideradas como APL (Áreas de Preservação com uso Limitado) e acima de 45% é proibido o desmatamento, segundo a Lei n° 4774 do Código Florestal, conforme o quadro 9 e mapa 7.

**Quadro 10:** Classes de Declividade

<b>Classes</b>	<b>Declividade (%)</b>	<b>Uso Recomendável</b>
<b>1</b>	0 – 5.2 (3°)	Áreas consideradas ideais para uso em geral, com exceção das áreas consideradas como APP pelo Plano Diretor de São José.
<b>2</b>	5.2 – 17 (9.6°)	Áreas que apresentam algumas restrições de uso, principalmente quando exigem cortes e aterros para construções.
<b>3</b>	17 – 30 (16.7°)	Áreas que devem ser evitadas, pela necessidade de execução de obras especiais para sua utilização.
<b>4</b>	30 – 57.7 (30°)	Áreas consideradas como terrenos inadequados para construção, onde se inclui as APL (30 - 46% de declividade) e as APP (acima de 46,6% de declividade).
<b>5</b>	57.7 – 100 (45°)	Áreas consideradas como terrenos inadequados para construções, onde também se inclui as APL e as APP.

**Fonte:** Plano Diretor do Município de São José e Código Florestal.



**Mapa 7:** Mapa de Declividade da bacia do rio Forquilha.  
(Mapa reduzido a partir da versão impressa desta dissertação).

De acordo com o mapa 7, na área de estudo as classes de declividade que se encontram na faixa entre 0 – 5.2% são as maiores em extensão, com 17,28 km<sup>2</sup>, localizadas basicamente em toda a área da planície da bacia e próxima ao leito dos rios.

As classes que se encontram nas faixas de 5.2 – 17% ocupam 8,40 km<sup>2</sup> de extensão, e se localizam próximas a faixa 0 – 5.2%, a maior parte se encontra ainda nas áreas de planícies, que são mais baixas, principalmente próximas ao leito dos rios. A drenagem da água nesses locais pode ser dificultada, fato esse que exige cuidados maiores para ocupação humana, porém a maior parte da urbanização da bacia se encontra nessa faixa, e as consequências são as ocupações próximas as margens dos cursos d'água, causando a impermeabilização do solo.

As faixas de declividade que se encontram entre 17 – 30% ocupam uma área de 9,47 km<sup>2</sup> de extensão, e podem ser encontradas em todas as áreas da Unidade Geomorfológica Serras do Leste Catarinense, inclusive nas áreas com ocupação urbana. São áreas de encostas mais íngremes, portanto esse fator deveria ser relevante quanto à definição das áreas para a expansão urbana, pois já são necessárias a adoção de medidas de contenção para as ocupações, o que não acontece na área de estudo.

As declividades que se encontram entre 30 – 57.7% ocupam uma área considerável da bacia, com 16,20 km<sup>2</sup> de extensão, sendo a segunda maior área em tamanho encontrada na área de estudo. Por serem áreas muito íngremes e declivosas, elas são consideradas como terrenos inadequados para construção, segundo a Legislação Municipal, porém é possível encontrar ocupações inseridas nessas classes, fator que potencializa o risco de escorregamentos, que são periódicos na bacia do rio Forquilhas.

As classes de declividade que se situam na faixa de 57.7 – 100% ocupam uma área de 2,02 km<sup>2</sup> de extensão, localizadas principalmente na média e alta encosta, onde os terrenos são muito íngremes, porém, também existem locais nessa faixa de declividade que estão ocupados, demonstrando assim que essas ocupações na bacia são feitas sem as devidas normas de segurança, o qual prevê o plano Diretor de São José.

## 5.6 Evolução do Uso da Terra de 1973 a 2008

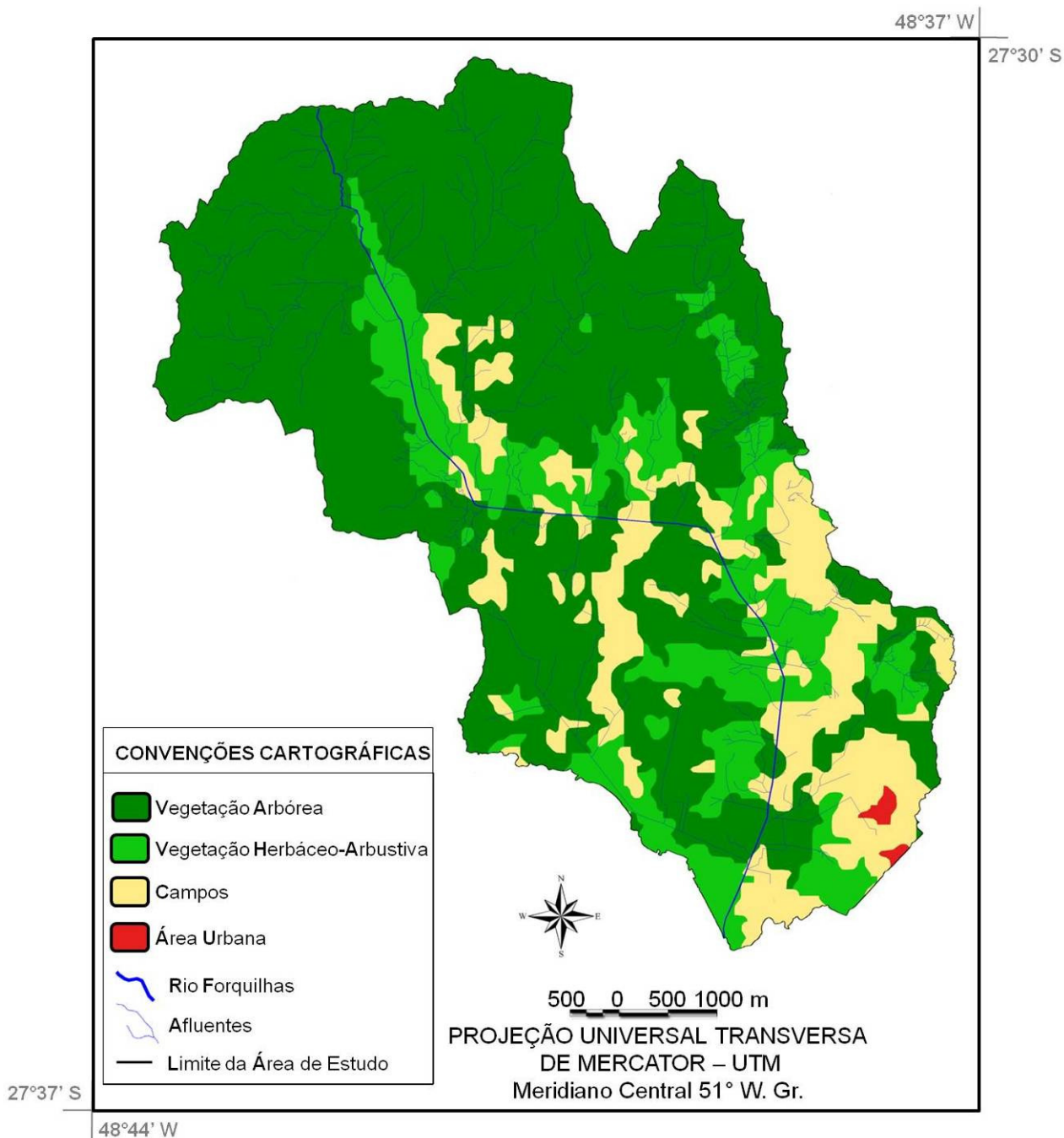
O estudo do uso da terra consiste na obtenção de informações sobre o modo como o meio está sendo alterado pelo homem. A utilização de dados dos sensores orbitais ambientais permite a aquisição de informações de extensas áreas, possibilitando uma visão do conjunto de forma rápida e representativa. Tais fatores propiciam o levantamento e monitoramento do uso e cobertura da terra, na medida em que os efeitos da ocupação e exploração do solo vêm causando a deterioração do meio ambiente (NOVO, 1989).

Vários estudos e trabalhos práticos relacionados ao uso e ocupação da terra vêm sendo realizados, com o uso de novas metodologias e técnicas mais avançadas, com o objetivo de caracterizar o meio físico como subsídio ao planejamento (FRANZONI, 2000). A Agenda 21 salienta a necessidade de fazer-se o levantamento dos recursos do ambiente e classificá-los de acordo com o seu uso mais apropriado, mencionando a necessidade da identificação de áreas ambientalmente frágeis ou passíveis de catástrofes (BUENO, 2003).

A realização de estudos de evolução no uso da terra é importante porque permite avaliar e monitorar os aspectos ambientais de uma determinada área de pesquisa, bem como, analisar a relação homem/natureza como condicionante a situações de riscos (CRISTO, 2002).

Considerando-se a dinâmica do processo de uso e ocupação da terra no município de São José, torna-se importante a constante atualização dos mapas de uso da terra, visto que somente com um acompanhamento das mudanças ocorridas ao longo do tempo é que se tornará possível uma análise dos efeitos da atividade humana sobre a dinâmica e organização do ambiente em questão.

Foram elaborados a partir das imagens de satélite Landsat 1 e 5 e das imagens CBERS 2B os mapas de uso e ocupação da terra referentes aos anos de 1973, 1985, 1995 e 2008. As classes de usos da terra adotadas foram vegetação arbórea, vegetação herbáceo-arbustiva, campos, solo exposto, que equivalem principalmente aos loteamentos, áreas urbanas e queimadas. A Figura 5.3 mostra o uso e ocupação da terra na bacia do rio Forquilhas para o ano de 1973.



**Figura 5.3:** Mapa do Uso da terra (1973) da bacia do rio Forquilhas.

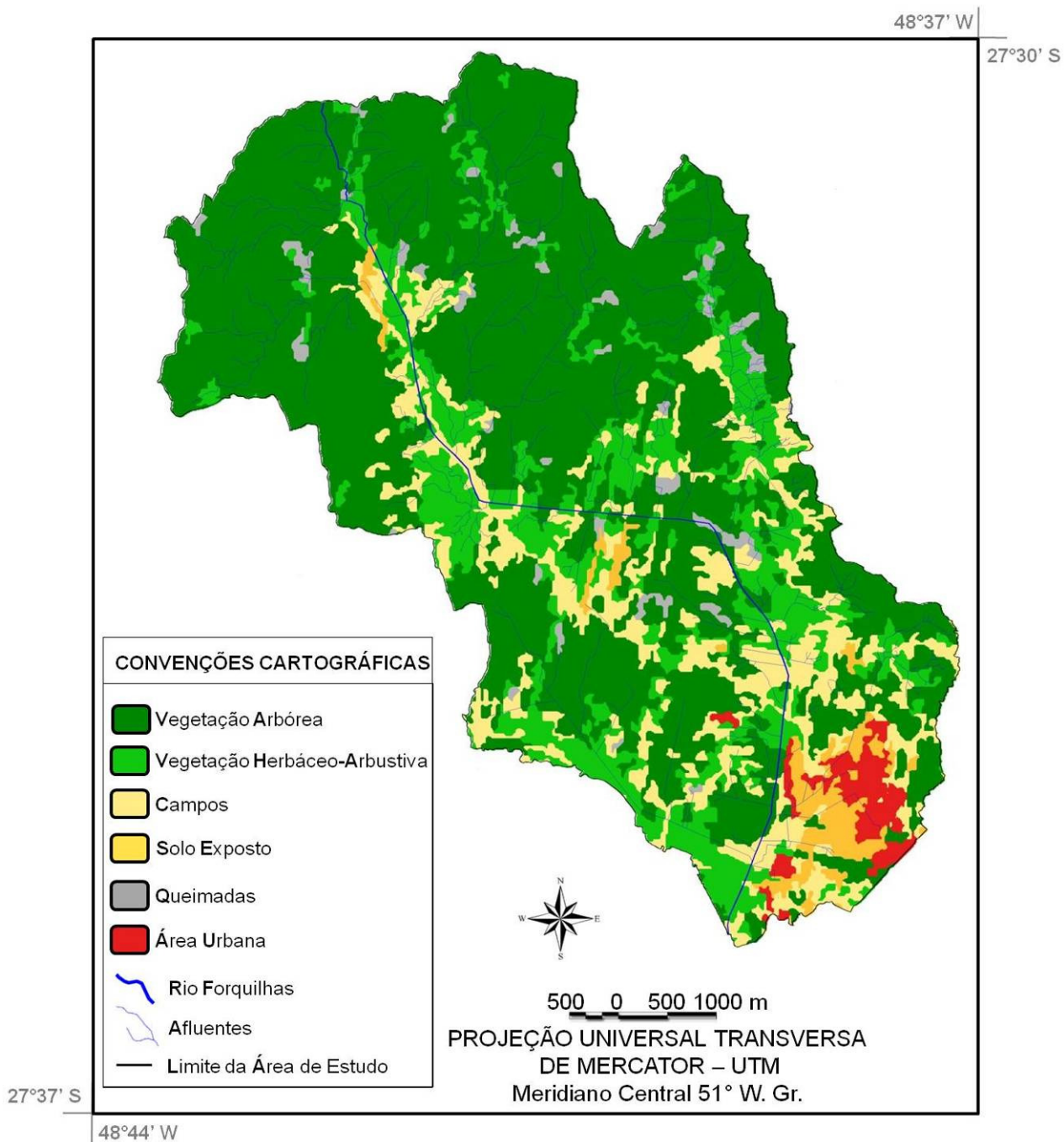
Nesse ano o local de estudo possuía uma área urbanizada bem pequena, com apenas  $0,15 \text{ km}^2$  de extensão, localizadas em pequenos núcleos ao sul da bacia. As áreas de vegetação arbóreas possuíam as maiores extensões, com  $35,34 \text{ km}^2$  e estavam presentes por toda a bacia. As áreas de vegetação herbáceo-arbustiva possuíam  $9,72 \text{ km}^2$  de extensão e se espalhavam em alguns pontos do setor inferior da bacia e margeavam o rio Forquilhas no setor superior. Nesse ano as áreas de campos possuíam  $8,77 \text{ km}^2$  de extensão, presentes também por todo o



setor inferior da bacia e próximos do rio Forquilhas no setor superior, denotando que o desmatamento nessa época já era corrente.

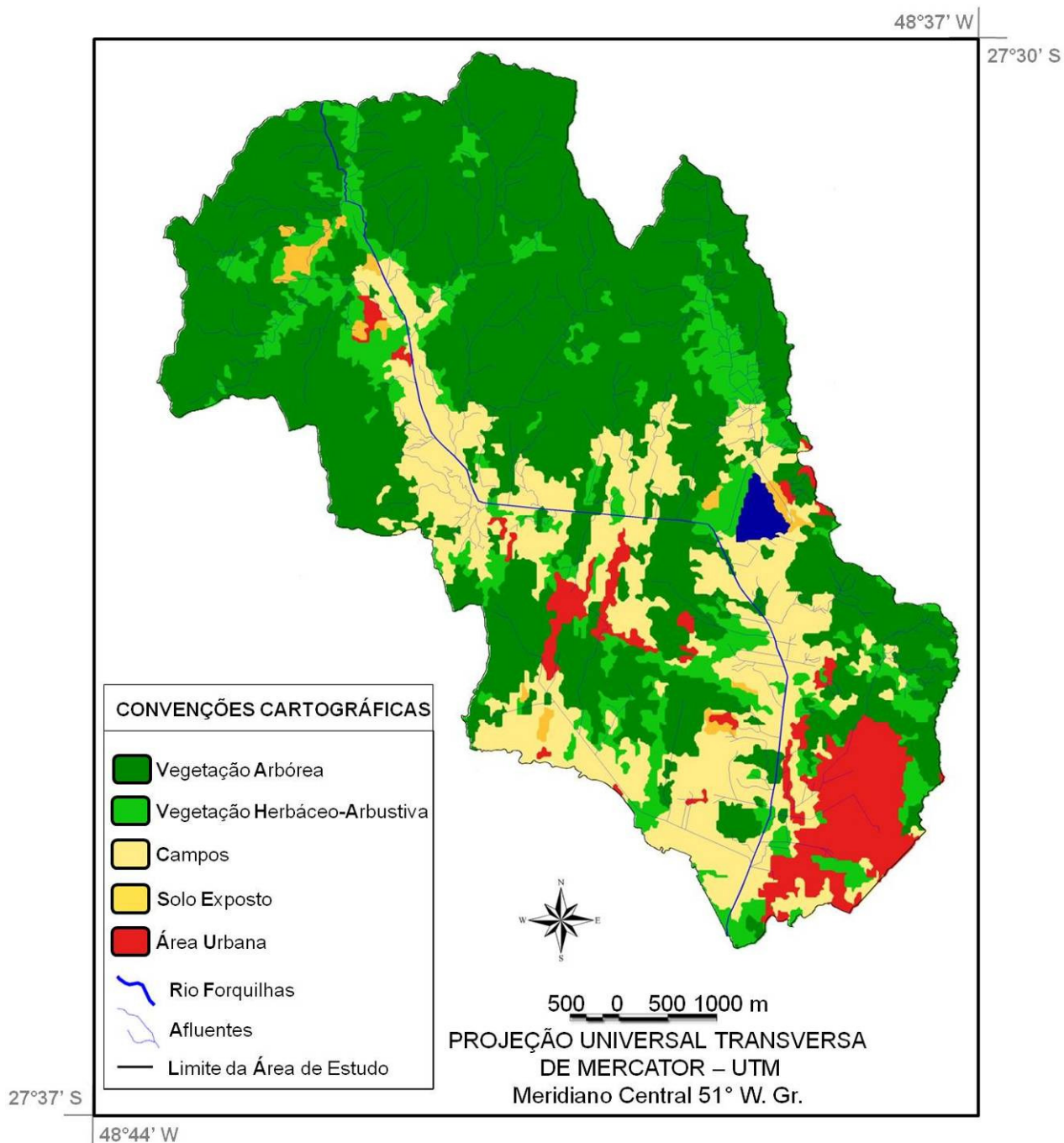
Em 1985, segundo a figura 5.4, já se percebe uma pequena mudança no aumento das áreas urbanizadas, que nessa época ocupavam 1,02 km<sup>2</sup> de extensão, um aumento de 680%, e se localizavam também principalmente no setor sul da bacia. As áreas de campos obtiveram uma pequena diminuição, possuindo naquele ano 7,55 km<sup>2</sup> de extensão, uma redução de 13,91%, denotando que ocorreu a regeneração da vegetação em vários setores localizados no lado direito da bacia e no alto vale. Porém, nessa época outras áreas de campos começam a surgir no setor esquerdo da bacia, presentes principalmente em todo o baixo e médio vale e próximas ao leito do rio Forquilhas no alto vale. As áreas de solo exposto, que não foram mapeadas em 1973 devido à resolução espacial nominal do sensor MSS (80 m), correspondiam a 1,47 km<sup>2</sup> de extensão, localizadas principalmente próximas da área urbanizada. As classes de vegetação arbórea e herbáceo-arbustiva obtiveram uma pequena diminuição, possuindo 33,83 km<sup>2</sup> e 9,06 km<sup>2</sup> de extensão respectivamente, o que equivale a uma redução de 4,27% e 6,79%. Nessa década também foram detectados vários focos de queimadas, com 1,11 km<sup>2</sup> de extensão e localizados por toda a bacia. Essas áreas queimadas ocorreram possivelmente para a derrubada da vegetação com o objetivo de promover a instalação de áreas de pasto para a pecuária, assim como a instalação de outras áreas urbanizadas.





**Figura 5.4:** Mapa do Uso da Terra (1985) da bacia do rio Forquilhas.

A figura 5.5 mostra o uso da terra para o ano de 1995 na bacia do rio Forquilhas. Nota-se que a urbanização aumentou ainda mais, possuindo 3,23 km<sup>2</sup> de extensão naquele ano, um aumento de 316,66%, começando a se instalar também no setor do médio vale e próximas ao leito do rio Forquilhas no alto vale.



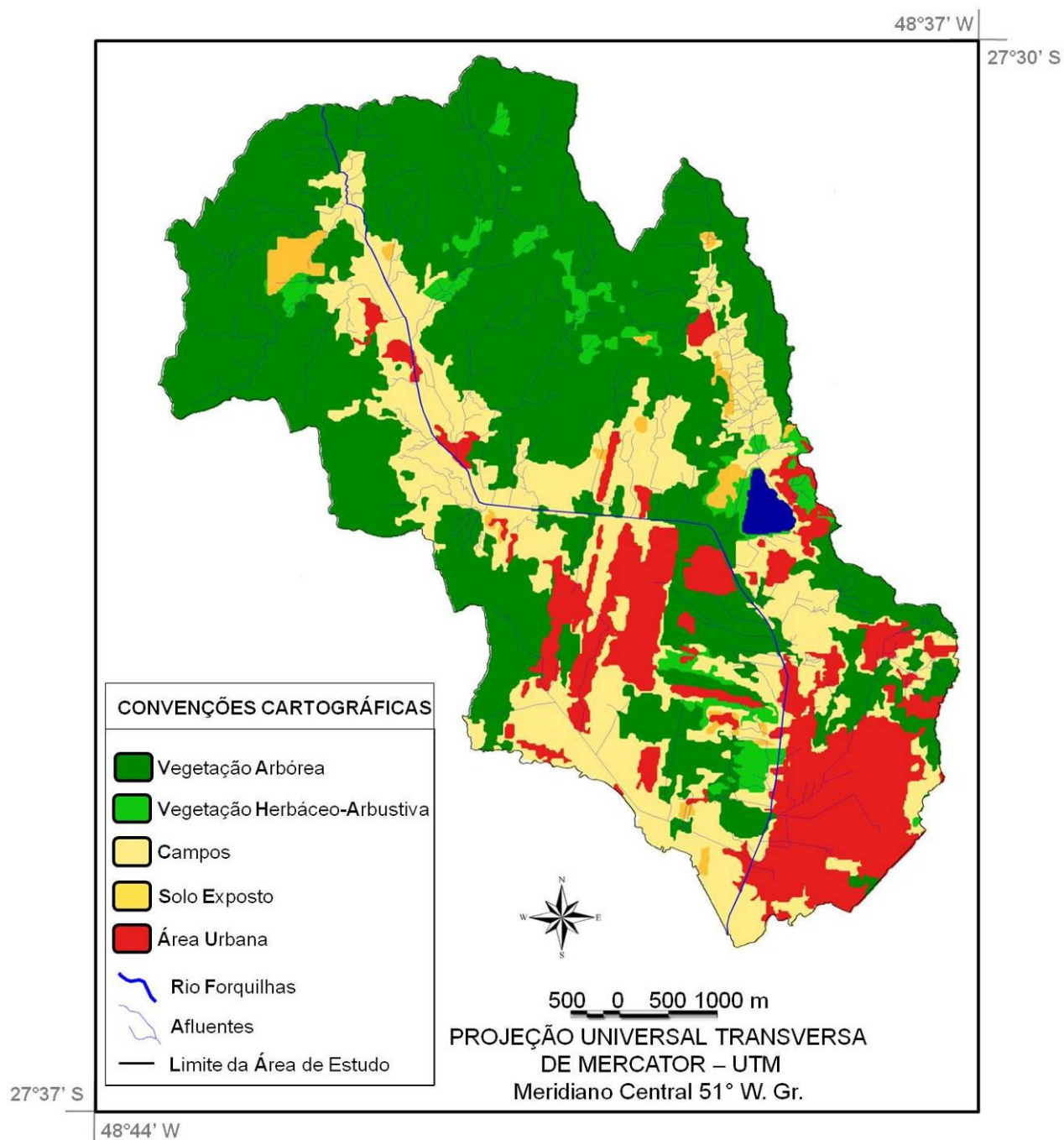
**Figura 5.5:** Mapa do Uso da Terra (1995) da bacia do rio Forquilhas.

A classe da vegetação arbórea e herbáceo-arbustiva continuaram a seguir um padrão de diminuição, correspondendo a 31,12 km<sup>2</sup> e 6,93 km<sup>2</sup> naquele ano respectivamente, o equivalente a uma redução de 8,01% e 23,50%. Ressalta-se que as áreas de vegetação arbórea vem diminuindo basicamente no setor sul da bacia, dando lugar a mais núcleos urbanos e apresentando locais de regeneração principalmente no setor direito do alto vale, e a classe da vegetação herbáceo-arbustiva está sendo substituída principalmente pela classe urbana e de campos,

localizadas no médio e baixo vale da bacia. O mesmo aconteceu para as áreas de solo exposto, possuindo naquele ano 0,62 km<sup>2</sup> de extensão, uma diminuição de 57,82%. Vale ressaltar que a regeneração ocorreu apenas em um pequeno local do setor esquerdo do alto vale, pois essa classe foi substituída pela urbanização e pelas áreas de campos no médio e baixo vale, o que explica a sua diminuição. As áreas de campos aumentaram 156,42%, possuindo na época 11,81 km<sup>2</sup> de extensão, presentes principalmente no setor do baixo e médio vale e próximas ao leito do rio Forquilhas no alto vale, denotando que continuava a ocorrer desmatamentos, tanto para a instalação de moradias quanto para a criação de pastos para a pecuária e agricultura.

A urbanização em 2008 aumentou significativamente se comparada com os outros anos, possuindo atualmente 7,62 km<sup>2</sup> de extensão, um aumento de 235,91%, em relação a 1995, ocupando outras áreas no interior da bacia, e principalmente, próximas ao leito dos rios e canais, como mostra a figura 5.6. A vegetação arbórea continuou com o padrão de diminuição desde o ano de 1973, possuindo em 2008 29,48 km<sup>2</sup>, equivalente a 5,26% de redução, onde atualmente essa classe foi substituída não só pelas áreas urbanas, mas também pelas áreas de campos, principalmente no setor do baixo e médio vale. A classe da vegetação herbáceo-arbustiva obteve uma diminuição considerável, possuindo agora 1,88 km<sup>2</sup> de extensão, equivalente a uma redução de 72,87%, substituídas principalmente pelas áreas de campos e pelas áreas urbanas. Pode-se notar que em uma pequena área do setor esquerdo do alto vale ocorreu uma regeneração, porém esse tipo de vegetação perdeu muitas áreas para a classe urbana e de campos na bacia do rio Forquilhas, principalmente no setor do baixo e médio vale, chamando a atenção para uma área que margeia o rio Potecas no setor direito do alto vale, onde praticamente todo o local no qual estava inserida esse tipo de vegetação foi substituído pelos campos e por um pequeno núcleo urbano. As áreas de solo exposto obtiveram um aumento de 143,54% em 2008, possuindo agora 0,89 km<sup>2</sup> de extensão, fato relativo ao desflorestamento das áreas de vegetação arbóreas e herbáceo-arbustivas, localizadas principalmente no médio e alto vale. As áreas de campos mantêm um padrão de aumento desde o ano de 1973, possuindo 13,84 km<sup>2</sup> de extensão atualmente, equivalente a uma adição de 117,18%, continuando a se

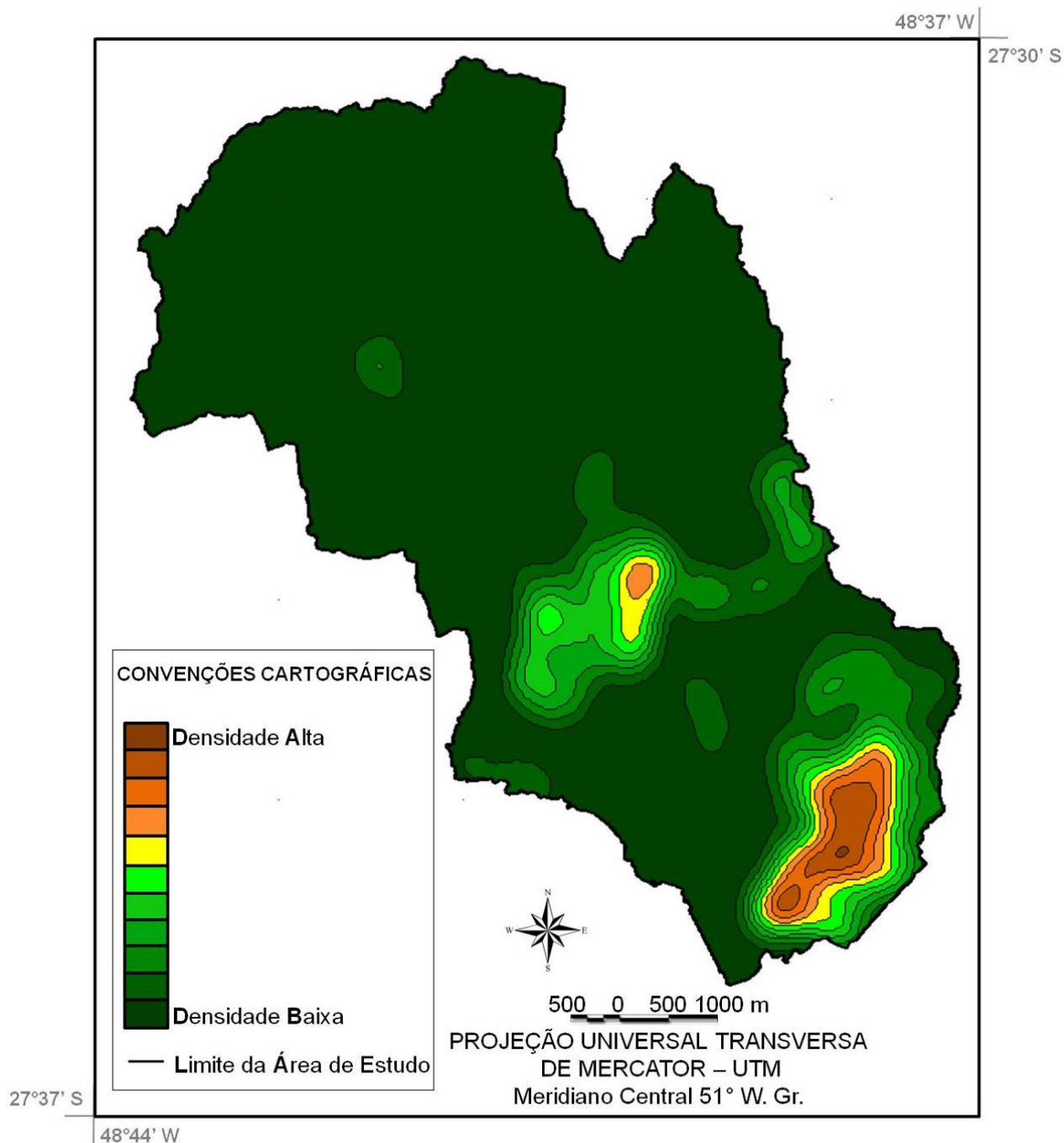
expandir pelos setores do baixo e médio vale e próximas aos cursos d'água no alto vale.



**Figura 5.6:** Mapa do Uso da Terra (2008) da bacia do rio Forquilhas.

A densidade da ocupação na bacia do rio Forquilhas pode ser visualizada na figura 5.7. A escala de cores denota onde está concentrada a maior parte da população, que como mostra a figura, se localiza nos bairros de Forquilha, Flor de Nápoles, Picadas do Sul e Forquilha, possuindo uma densidade de 561,99 Hab/Km<sup>2</sup>.

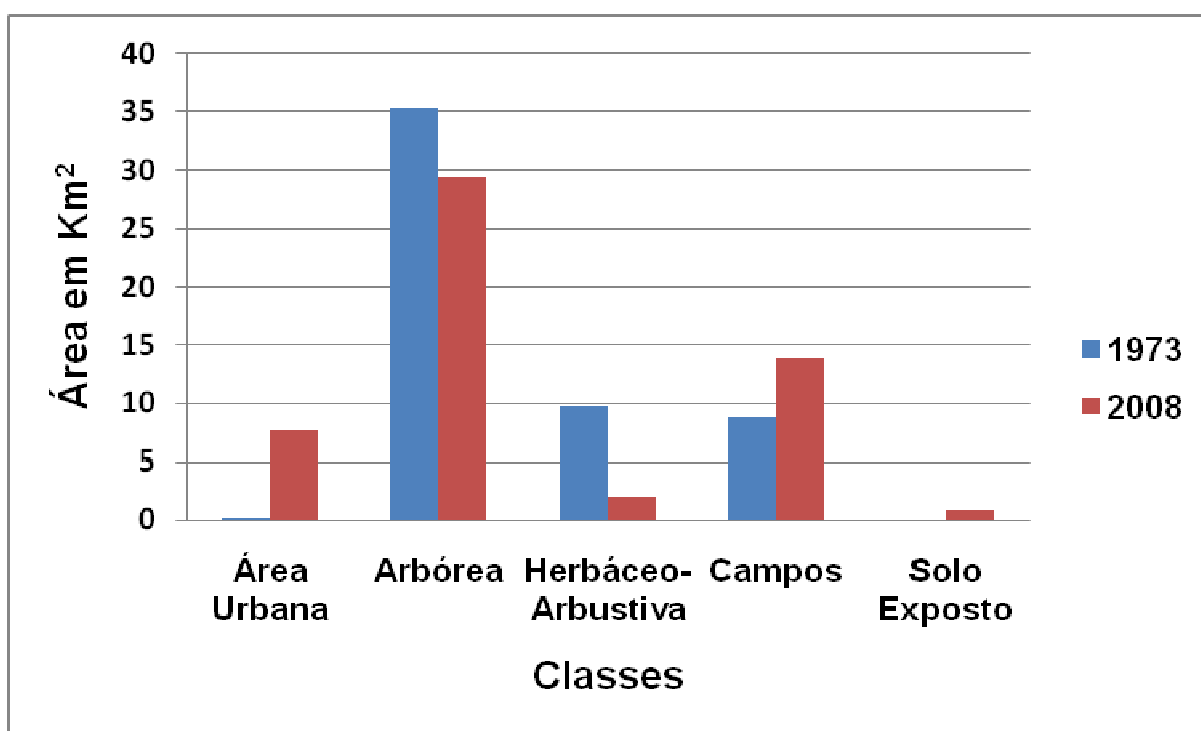




**Figura 5.7:** Mapa da Densidade Populacional da bacia do rio Forquilhas.

É importante ressaltar que a preocupação não se dá somente no aumento das áreas urbanas, e sim onde ela se instalará, pois grande parte da população residente na bacia possui baixa renda, fazendo com que se instalem em áreas impróprias, próximas dos rios, dos canais e em encostas, aumentando os problemas das inundações e dos escorregamentos.

A evolução das classes de uso da terra da bacia do rio Forquilhas podem ser visualizadas na figura 5.8 abaixo. Como se pode notar, as classes de vegetação arbórea são as mais presentes e as classes de solo exposto são as menos presentes na bacia. De um modo geral, de 1973 até o ano de 2008 a urbanização aumentou 5.080%, as áreas de campos aumentaram 157,81%, a vegetação arbórea diminuiu 16,58%, a vegetação herbáceo-arbustiva diminuiu 80,65% e as áreas de solo exposto diminuíram 39,45%, ressaltando que essas áreas apenas diminuíram porque foram substituídas pela urbanização e pelas áreas de campos.



**Figura 5.8:** Gráfico da Evolução nas Classes de Uso da Terra na bacia do rio Forquilhas (1973 – 2008).

O grande aumento das ocupações urbanas gera como principais consequências a substituição da vegetação de margens de rios e de encostas por edificações que aumentam a impermeabilização do solo, fazendo com que aumente o escoamento superficial, e, conseqüentemente, aumente também o volume de água que corre para os rios.

Da mesma maneira, as ocupações instaladas em áreas de encostas, principalmente em altas declividades, aumentam a ocorrência dos movimentos de massa como os escorregamentos, pois não havendo mais a cobertura vegetal que protegia o solo, aumenta os efeitos erosivos da chuva e o escoamento superficial.

Foi gerado no SPRING 5.0.4 a tabulação cruzada das classes de uso da terra da bacia do rio Forquilhas, e esses cruzamentos indicam a expansão ou diminuição de cada classe.

Sendo assim, em termos de degradação, em um período de 35 anos as áreas de solo exposto avançaram por 0,03 km<sup>2</sup> de áreas de campos, 0,15 km<sup>2</sup> de áreas de vegetação herbáceo-arbustiva e 0,70 km<sup>2</sup> de áreas de vegetação arbórea. Ainda, 1,14 Km<sup>2</sup> de vegetação arbórea foram substituídas por vegetação herbáceo-arbustiva e 5,72 Km<sup>2</sup> de áreas de campos se expandiram por áreas de vegetação herbáceo-arbustiva. A respeito das áreas urbanas, as mesmas se expandiram por 3,26 Km<sup>2</sup> de áreas de campos, 1,40 Km<sup>2</sup> de áreas de vegetação herbáceo-arbustiva e 2,79 Km<sup>2</sup> de áreas de vegetação arbórea.

Em termos de regeneração, a vegetação arbórea se expandiu sobre áreas de campos e de vegetação herbáceo-arbustiva, com 2,29 Km<sup>2</sup> e 1,77 Km<sup>2</sup> respectivamente, e 0,24 Km<sup>2</sup> de áreas de vegetação herbáceo-arbustiva se regeneraram sobre áreas de campos.

Portanto, podemos notar que as classes que mais se expandem são as da área urbana e as das áreas de campos, e que apesar de ocorrer regenerações da vegetação em alguns locais da área de estudo, ao mesmo tempo ocorrem desmatamentos em outros locais, tornando a degradação mais ativa do que a regeneração.

O quadro 11 ilustra a síntese temática da bacia do rio Forquilhas, com a correlação entre os atributos físicos (clima, litologia, morfologia, solo, declividade e altitude), biológico (vegetação) e exploração antrópica com o uso da terra atual da área de estudo.

**Quadro 11:** Síntese Temática: Correlação e Compartimentação Geoambiental da bacia do rio Forquilhas.

Regiões/ Unidades/ Modelados			Atributos Físicos e Exploração Antrópica					Dinâmica Ambiental	
			Clima (1980 – 2008)	Litologias	Morfologia	Solos	Vegetação/ Uso da terra		Declividade de/ Altitude
P L A N Í C I E S  C O S T E I R A S	P L A N Í C I E  A L U V I A L	<b>Modelado de Acumulação Planície Flúvio-Marinha</b>	Precipitação que varia de 1.500 mm a 1.900 mm.  Média do mês mais chuvoso: jan (240,2 mm) e média do mês menos chuvoso: junho (72,5 mm).	Sedimentos aluvionares areno-siltico argilosos, inconsolidados, depositados em planície de inundação, terraços e calhas de redes fluviais.	Área plana levemente inclinada.	Cambissolo Flúvico, argila de atividade baixa, textura siltosa e argilosa, locais de relevo suave e ondulado plano.  Gleissolo Háptico, solos hidromórficos, textura média e argilosa, locais de relevo plano.	Área urbanizada, vegetação secundária (capoeira e capoeirão), áreas de campos (gramíneas) e lavoura temporária.	0 – 5.2 (3°)  0 – 5 metros	Infiltração das águas, escoamento superficial difuso com lixiviação e erosão laminar.
		<b>Modelado de Acumulação Terraço Fluvial</b>	Temperaturas máximas médias (28°) e mínimas médias (16,6°)  Ocorrência de eventos extremos e precipitações variando de muito baixo a média.		Área plana levemente inclinada para a rede fluvial, ruptura de declive em relação ao leito do rio, resultante de processos fluviais e marinhos.	Cambissolo Flúvico  Gleissolo Háptico  Cambissolo Háptico, textura argilosa e pouco cascalhenta, locais de relevo montanhoso e forte ondulado.  Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, argila de atividade baixa, textura arenosa a argilosa, locais de relevo suave ondulado, forte e ondulado e ondulado.	Área urbanizada, domínio de áreas de campos (gramíneas) com vegetação secundária (capoeira e capoeirão).	5.2 – 17 (9.6°)  5 – 15 metros	Ação do escoamento fluvial com assoreamento.
	R C A O M L P U A V S I A I S	<b>Modelado de Acumulação Rampas Colúvio Eluviais</b>	Sedimentos inconsolidados areno-argilosos e areno-siltico argilosos. Sedimentos colúvio-aluvionares.	Área de acumulação torrencial, rampeada e levemente convexizada.	Área urbanizada, domínio de áreas de campos (gramíneas) com vegetação secundária (capoeirão).	5.2 – 30 (16.7°)  15 – 20 metros	Erosão laminar.		

Fonte: Adaptado de Herrmann (1999).



**Continuação Quadro 11: Síntese Temática: Correlação e Compartimentação Geoambiental da bacia do rio Forquilhas.**

Regiões/ Unidades/ Modelados			Atributos Físicos e Exploração Antrópica					Dinâmica Ambiental	
			Clima (1980 – 2008)	Litologias	Morfologia	Solos	Vegetação/ Uso da terra		Declividade de/ Altitude
S E R R A S  D O  L E S T E  C A T A R I N E N S E	S E R R A S  G R A N Í T I C A S	<b>Modelado de dissecação em Colina</b>	Precipitação que varia de 1.500 mm a 1.900 mm.  Média do mês mais chuvoso: jan (240,2 mm) e média do mês menos chuvoso: junho (72,5 mm).  Temperaturas máximas médias (28°) e mínimas médias (16,6°)  Ocorrência de eventos extremos e precipitações variando de muito baixo a média.	Granitóides associados à granodioritos e quartzo monzonitos.	Elevações convexo- côncavas conformando colinas separadas por vales pouco encaixados.	Argissolo Vermelho- Amarelo Distrófico.  Gleissolo Háptico.  Cambissolo Flúvico.	Vegetação secundária (capoeira e capoeirão), com áreas de campos (gramíneas).	0 – 30 (16.7°)  20 – 300 metros	Infiltração das águas, escoamento superficial difuso com lixiviação e erosão laminar.
		<b>Modelado de Dissecação em Outeiro (Morraria)</b>	Elevações convexo- côncavas conformando morros separados por vales encaixados.		Argissolo Vermelho- Amarelo Distrófico.  Gleissolo Háptico.  Cambissolo Flúvico.  Cambissolo Háptico.	Domínio da vegetação secundária (capoeirão) com presença de capoeiras e de áreas de campos (gramíneas).	5.2 – 57.7 (30°)  20 – 400 metros	Escoamento superficial difuso e concentrado, com erosão laminar, sulcos e ravinas, deslizamentos de material localizado.	
		<b>Modelado de Dissecação em Montanha</b>	Elevações de topos extensos convexo- côncavos, intercalados por colos, vertentes com diferentes graus de declividade, ombreiras e vales encaixados.		Gleissolo Háptico.  Cambissolo Flúvico.  Cambissolo Háptico.	Domínio da vegetação secundária (capoeirão) com presença de capoeiras e de áreas de campos (gramíneas).	5.2 – 100 (45°)  40 – 515 metros	Escoamento superficial difuso e concentrado, com erosão laminar, sulcos ou ravinas.	

Fonte: Adaptado de Herrmann (1999).

**Continuação Quadro 11: Síntese Temática: Correlação e Compartimentação Geoambiental da bacia do rio Forquilhas.**

Regiões/ Unidades/ Modelados		Atributos Físicos e Exploração Antrópica					Dinâmica Ambiental	
		Clima (1980 – 2008)	Litologias	Morfologia	Solos	Vegetação/ Uso da terra		Declivida de/ Altitude
S E R R A S  D O  L E S T E  C A T A R I N E N S E	S E R R A S  G N Á I S S I C A S	<b>Modelado de dissecação em Colina</b>	Assembléia de rochas graníticas, granodioríticas e quartzo- monzoníticas, com associação de rochas gnáissicas, graníticas e migmatíticas polifásicas.	Elevações convexo- côncavas conformando colinas separadas por vales abertos e pouco encaixados.	Argissolo Vermelho- Amarelo Distrófico.  Gleissolo Háplico.  Cambissolo Flúvico.	Vegetação secundária (capoeira e capoeirão), com áreas de campos (gramíneas).	0 – 30 (16.7°)  20 – 300 metros	Infiltração das águas, escoamento superficial difuso com lixiviação e erosão laminar.
	<b>Modelado de Dissecação em Outeiro (Morraria)</b>	Média do mês mais chuvoso: jan (240,2 mm) e média do mês menos chuvoso: junho (72,5 mm).  Temperaturas máximas médias (28°) e mínimas médias (16,6°)		Elevações convexo- côncavas conformando morros, com vales fechados e encaixados.	Argissolo Vermelho- Amarelo Distrófico.  Gleissolo Háplico.  Cambissolo Flúvico.  Cambissolo Háplico.	Domínio da vegetação secundária (capoeirão) com presença de capoeiras e de áreas de campos (gramíneas).	5.2 – 57.7 (30°)  20 – 400 metros	Infiltração das águas, escoamento superficial difuso com lixiviação, erosão laminar, sulcos e deslizamentos.
	<b>Modelado de Dissecação em Montanha</b>	Ocorrência de eventos extremos e precipitações variando de muito baixo a média.		Elevações de topos extensos, aguçados, vertentes íngremes e vales bem encaixados.	Gleissolo Háplico.  Cambissolo Flúvico.  Cambissolo Háplico.	Domínio da vegetação secundária (capoeirão) com presença de capoeiras e de áreas de campos (gramíneas).	5.2 – 100 (45°)  40 – 515 metros	Escoamento superficial difuso e concentrado, com erosão laminar, sulcos e ravinas e deslizamentos localizados.

Fonte: Adaptado de Herrmann (1999).

## **6. ÁREAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÕES E ESCORREGAMENTOS NA BACIA DO RIO FORQUILHAS**

Os trabalhos referentes ao mapeamento de áreas de risco de inundações ou escorregamentos podem ser caracterizados como planos preventivos, pois a sua realização em áreas de expansão urbana se torna necessária, evitando-se assim os prejuízos humanos e materiais originados por um desastre natural.

Para a presente pesquisa, utilizou-se o conceito de área de risco do IPT (1991) no qual apresenta que são “são aquelas que apresentam possibilidades de perigo, perda ou dano, do ponto de vista social e econômico, na qual a população esteja submetida caso ocorra processos físicos naturais”. Essas áreas sempre estão associadas com a presença da ocupação humana, e embora momentaneamente não apresentem situações de risco de perdas materiais ou de vidas humanas, possuem condicionantes, sejam eles naturais ou artificiais, que indicam a predisposição à ocorrência de desastres devido a futuros episódios pluviais intensos.

A existência do risco se dá em função de como a população se ajusta aos eventos naturais extremos que ocorrem em certas áreas, pois as inundações não trariam riscos se as planícies inundáveis não fossem ocupadas, da mesma forma, os movimentos de massa não seriam perigosos se as encostas não fossem intensamente ocupadas.

O risco pode ser utilizado para tratar as áreas sujeitas a inundações e escorregamentos, onde os riscos naturais estariam relacionados aos eventos climáticos (episódios pluviais concentrados), em conjunto com a ação antrópica, que ao interferir de maneira indevida na natureza, promovem o aumento dos impactos causados por tais episódios, gerando danos ambientais, sociais e econômicos (HERRMANN, 1999).

### **6.1 Áreas Suscetíveis a Inundações**

Os problemas relacionados às inundações são muito significativos, pois inúmeras cidades desenvolveram suas malhas urbanas ao longo dos leitos dos rios, colocando assim a população em risco. As inundações são fenômenos naturais que ocorrem devido a precipitações intensas, porém elas se intensificam como desastre

natural quando há interferência nas condições naturais através da impermeabilização do solo, do desmatamento, da agricultura e da pecuária nas encostas dos morros e nas margens ribeirinhas.

Estas práticas impedem ou dificultam a infiltração das águas no subsolo fazendo com que escoem diretamente para os canais fluviais, ocasionando perdas de solo e aumento da vazão dos rios. As instalações urbanas também acentuam a gravidade das inundações, como loteamentos residenciais e sistemas viários instalados nas planícies aluviais sujeitas às inundações, bem como as obras de engenharia (canalizações e retificações de canais, comportas e barragens) que interferem no ciclo hidrológico.

Muitos desses fatos podem ser observados na área de estudo, já que existem ocupações urbanas instaladas na planície de inundação do rio Forquilhas, próximas aos canais fluviais. Também foram feitas obras de engenharia no local de estudo, pois o rio Forquilhas, nas áreas planas de seu baixo curso, teve grande parte de seu leito retificado através de canalizações na década de 60 pelo extinto Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS) para diminuir o risco das inundações e para a expansão do sítio urbano (FERREIRA, 1994). Assim como a retificação, é possível verificar que a grande maioria de seus afluentes já se encontra canalizado, principalmente na área urbanizada.

A situação ainda se agrava quando essas obras são mal estruturadas e dimensionadas, e quando ocorre o rompimento de barragens e o acúmulo de lixos e entulhos nos canais fluviais, acentuando o trasbordamento (HERRMANN org., 2005). Cunha (1994) salienta que as mudanças nos canais fluviais geram efeitos que podem ser transmitidos a longas distâncias e que os rios mostram incertezas em resposta a essas modificações. Esses impactos são em sua maioria fenômenos localizados, porém ocasionam efeitos em cadeia com reações muitas vezes irreversíveis.

Em geral, a retificação dos rios tem como finalidade o controle das cheias, porém a utilização desse tipo de obra de engenharia é ainda controversa, pois o aprofundamento do canal promove o abaixamento do nível de base, favorecendo a retomada erosiva nos afluentes. Ainda, mudam o padrão de drenagem, reduzindo o

comprimento do canal com a perda dos meandros, altera a forma do canal, diminui a rugosidade do leito e aumenta o seu gradiente (CUNHA, 1994).

Conforme Ferreira (1994) “a mudança no traçado do rio Forquilhas propiciou o aumento do gradiente no perfil longitudinal devido à aceleração erosiva, provocando o aprofundamento e alargamento do talvegue”. Essas obras de retificação alteraram a dinâmica fluvial e provocaram um aumento considerável do transporte de sedimentos e lixos, tornando-se necessárias constantes dragagens para favorecer o escoamento rápido das águas e evitar a obstrução dos canais, e conseqüentemente, as inundações (HERRMANN e MENDONÇA, 1994; FERREIRA, 1994).

Porém, essas medidas não foram suficientes para conter as cheias, primeiramente porque as últimas obras de dragagem foram feitas na década de 90, período em que ocorreram várias inundações, e segundo que o problema das inundações na bacia do rio Forquilhas continua, já que a última grande inundação ocorreu há pouco tempo, no dia 31 de janeiro de 2008, assim como outros episódios de inundações e alagamentos que ocorrem periodicamente, porém que não são citados nos jornais e não possuem registros na Defesa Civil.



**Figura 6.1:** Confluência do rio Forquilhas (a direita) com o rio Maruim (a esquerda).  
**Autor:** Francielle Cardozo, dia 08/10/07.



**Figura 6.2:** Transbordamento do rio Maruim em sua foz na Baía Sul, devido às chuvas intensas do dia 31 de janeiro de 2008.

**Autor:** Francielle Cardozo, dia 31/01/08.

Outro fator que contribui para a intensificação das inundações foi a construção da BR 101, que em épocas de fortes chuvas, associadas com a maré alta, funciona para a área como um dique, assim como as estradas municipais e a SC - 407, devido ao aterro realizado para a elevação das pistas. Ainda ressaltam-se as pontes baixas de concreto na malha viária do local de estudo, que acabam funcionando como verdadeiras barragens em dias de chuva (FERREIRA, 1994), como mostra a figura 6.3.



**Figura 6.3:** Ponte baixa sobre o rio Forquilhas destacando a vegetação trazida pelas águas, prejudicando o escoamento.

**Fonte:** DEDC/SC, dia 01/02/08.

Ou seja, a incapacidade temporária dos canais de drenagem suportarem o volume de água que recebem é na maioria das vezes ocasionada pelas interferências humanas, como os aterros, a construção de estradas e edificações que originam as impermeabilizações, além das retificações dos canais, como podem ser observados no baixo curso do Rio Forquilhas.

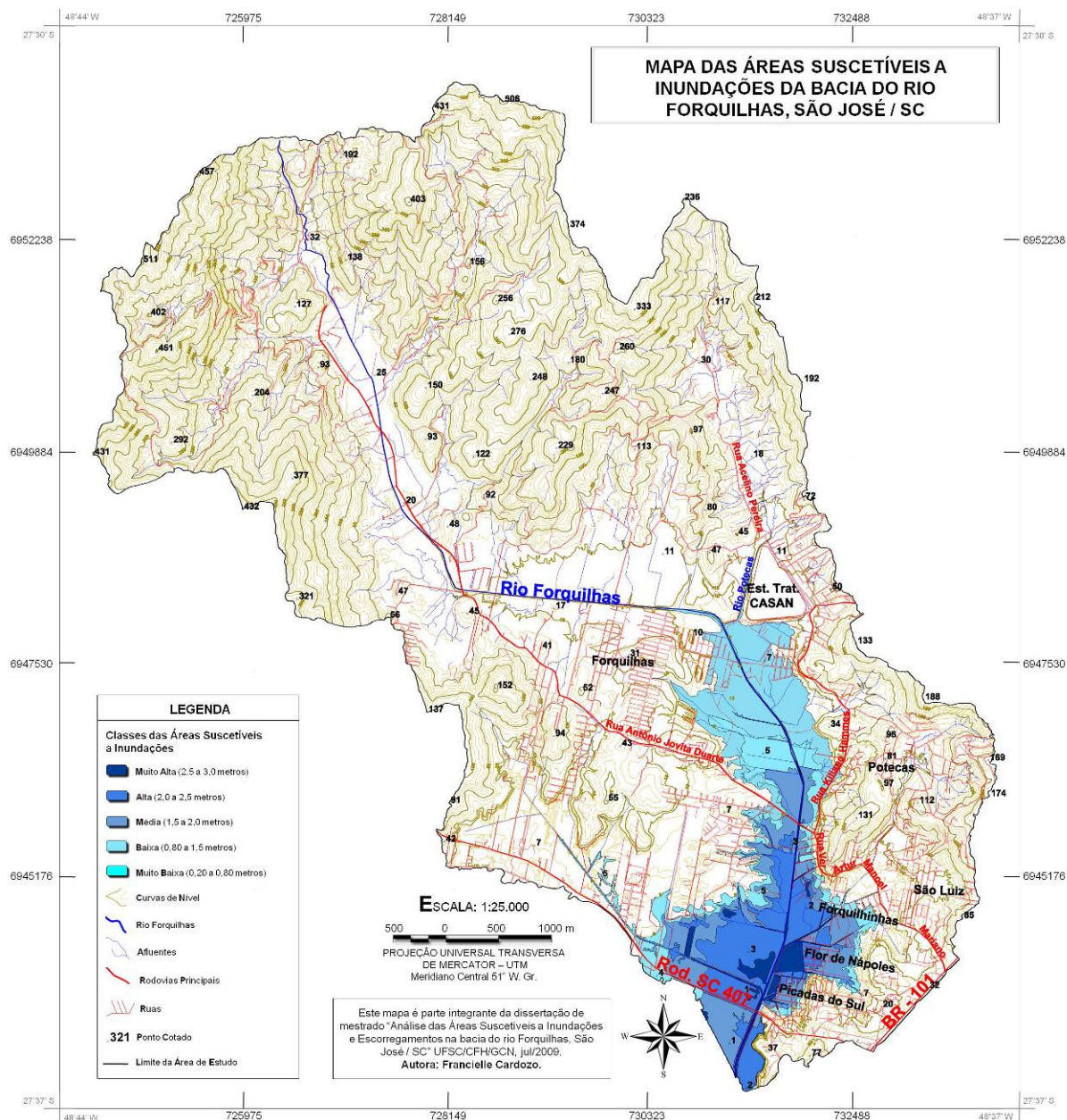
As áreas suscetíveis a inundações estão identificadas no mapa 8, e encontram-se ao longo da planície de inundação do rio Forquilhas, inserida na Unidade Geomorfológica Planícies Costeiras. Essas áreas foram classificadas como áreas de suscetibilidade muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

#### **a) Suscetibilidade Muito Baixa a Inundações**

As áreas suscetíveis a inundações muito baixas correspondem ao setor do médio vale da bacia, localizadas no modelado de acumulação terraço fluvial, margeando o início do modelado de acumulação rampas colúvio-eluviais. De acordo com o trabalho de campo, observou-se que a inundação atinge o seu máximo até a cota de 8 metros, portanto, estipulou-se que toda a área presente entre as cotas 5 e 8 metros possuem suscetibilidade muito baixa a inundações, tornando assim a classe que possui a maior área em Km<sup>2</sup>, com 1,47, e nesse setor a altura da água atinge entre 0,20 cm e 0,80 cm.

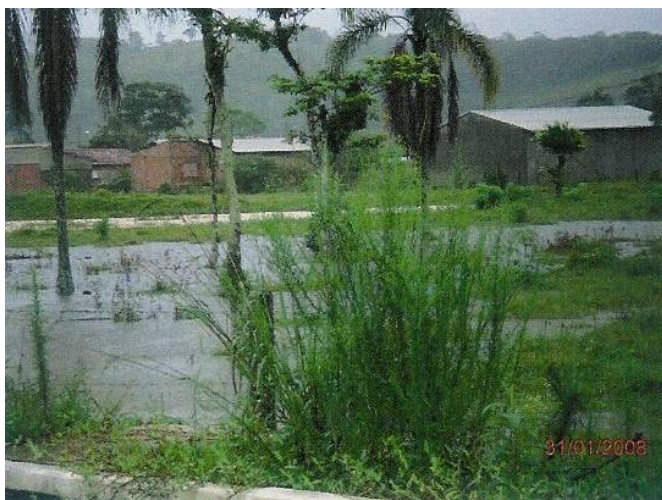
Parte dos bairros de Forquilhas e Potecas se encontram localizados nessa classe de inundação, e o local mais afetado pelas inundações é o Loteamento Ceniro Martins, como pode ser visualizado na figura 6.4, no bairro Potecas, de origem recente, localizado às margens do rio Forquilhas, que por enquanto possui urbanização pouco expressiva, ainda com muitos lotes a venda.





**Mapa 8:** Mapa das Áreas Suscetíveis a Inundações da bacia do rio Forquilha. (Mapa reduzido a partir da versão impressa desta dissertação).





**Figura 6.4:** Inundação no loteamento Ceniro Martins, bairro Potecas.  
**Autor:** Francielle Cardozo, dia 31/01/08.

De acordo com entrevistas, muitas pessoas estão morando há pouco tempo no local, pois quando foram perguntadas sobre as inundações, não souberam responder, e também relataram que não tiveram a preocupação de se informar se o lote ou a casa que estavam comprando se localizava em uma área inundável. Apesar de esse loteamento estar bem próximo do rio Forquilhas, ele não é o responsável pelas inundações que ocorrem nesse local, pois nesse trecho da bacia o rio Forquilhas se encontra bem encaixado (figura 6.5), e quando ocorrem períodos de precipitação muito intensa, a água não chega a ultrapassar 0,20 cm, chegando apenas até a altura da calçada.



**Figura 6.5:** Rio Forquilhas próximo ao loteamento Ceniro. Detalhe para o canal retificado e encaixado, denotando uma preocupação com a mata ciliar que se encontra presente em grande parte do rio Forquilhas na média encosta.  
**Autor:** Francielle Cardozo, dia 06/02/09.

Nesse setor, o responsável pelas inundações são os canais que se encontram por todo o local. Destaca-se também que a construção das estradas é feita de maneira inadequada, colocando-se pequenas pontes por sobre tais canais, e as vezes nem pontes existem, e sim pequenas tubulações que não suportam o volume de água originada por uma precipitação mais forte, como podem ser visualizadas nas figuras 6.6 e 6.7 (A e B).



**Figura 6.6:** Detalhe de um dos vários canais presentes no Loteamento Ceniro.  
**Autor:** Francielle Cardozo, dia 06/02/09.



**Figura 6.7:** A) Detalhe da tubulação que foi colocada sob a ponte para escoar as águas que passam pelos canais no Loteamento Ceniro. B) Maior detalhe da tubulação.  
**Autor:** Francielle Cardozo, dia 06/02/09.



A figura 6.7 acima mostra o detalhe do tipo de tubulação que foi colocado sobre um dos canais do Loteamento Ceniro. De acordo com entrevistas realizadas com os moradores do local, esse tipo de tubulação não suporta o volume do escoamento das águas, sendo que a força da água em algumas ocasiões chegou a destruir parte da rua. A população que reside próxima a esses canais é a mais impactada pelas inundações, na qual a água chega até a 0,80 cm de altura.

A figura 6.8 (A) mostra o local por onde escoava o canal citado, que está passando por baixo da rua, entre as tubulações comentadas, na altura do primeiro poste à direita da foto. A figura 6.8 (B) mostra a mancha da água causada pelas inundações em uma casa próxima a essa rua.



**Figura 6.8:** A) Um dos locais mais impactados pelas inundações no Loteamento Ceniro. B) Testemunho da água que atingiu uma casa, Loteamento Ceniro.

**Autor:** Francielle Cardozo, dia 06/02/09.

Apesar de que essa área está localizada em um setor de suscetibilidade muito baixa a inundações, os problemas acontecem frequentemente, principalmente por causa do mau planejamento com que são feitas as obras de infra-estrutura.

## **b) Suscetibilidade Baixa a Inundações**

As áreas suscetíveis a inundações classificadas como baixa se encontram no modelado de acumulação flúvio-marinha, entre as cotas 4 e 5 metros, possuindo 1,10 Km<sup>2</sup> de extensão, sendo que a altura das águas atingem entre 0,80 m e 1,5 metros. Nessa classe estão localizados parte dos bairros de Potecas, Forquilha, Flor de Nápoles, Picadas do Sul e Sertão do Maruim. Nesses locais, além da grande quantidade de canais existentes, o rio Forquilha já possui grande influência para ocasionar as inundações, pois esses bairros se encontram nas áreas mais planas da área de estudo.

Como já foi exposto no começo do trabalho, a criação desses bairros foram estimulados pela construção de um grande loteamento da COHAB/SC na década de 70, incentivados pela criação do Distrito Industrial e pela proximidade da BR 101, onde essas ocupações foram promovidas pelo poder público e ocorrendo de forma espontânea, nas encostas e áreas rurais próximas.

Após a implantação do conjunto habitacional da COHAB/SC, o setor privado passou a se interessar pela área e construiu loteamentos para pessoas de baixo poder aquisitivo, não se responsabilizando pela infraestrutura, os quais foram cadastrados pela prefeitura mesmo estando inseridos em uma área historicamente atingida pelas inundações (FERREIRA, 1994).

Ainda segundo a autora, para o bairro Flor de Nápoles poder ser implantado em 1979, a autorização estava condicionada pela Secretaria de Obras à colocação de um aterro de dois metros de altura que assegurava a proteção contra a inundação do local, porém o parecer técnico foi desconsiderado pelo governo local da época, que aprovou o loteamento sem as medidas de segurança.

Portanto, as inundações que ocorrem na bacia do rio Forquilha, principalmente nas áreas que se encontram entre as cotas 1 e 5 metros, são devidas não só a esses fatores citados, que é a inserção da população em locais não propícios e de riscos, mas também às modificações feitas nos meios naturais, como no rio Forquilha e nos seus afluentes. A retificação e a canalização possuem o objetivo de diminuir ou acabar com o problema das inundações, porém essas obras são feitas subestimando a intensidade com que ocorrem as precipitações,

principalmente em períodos de precipitações excepcionais, que aliadas à maré alta, que age como represador do escoamento da água na foz, acabam aumentando o problema.



**Figura 6.9:** Um dos vários canais que se encontram canalizados na área de estudo, bairro Forquilha.

**Autor:** Francielle Cardozo, dia 20/09/07.

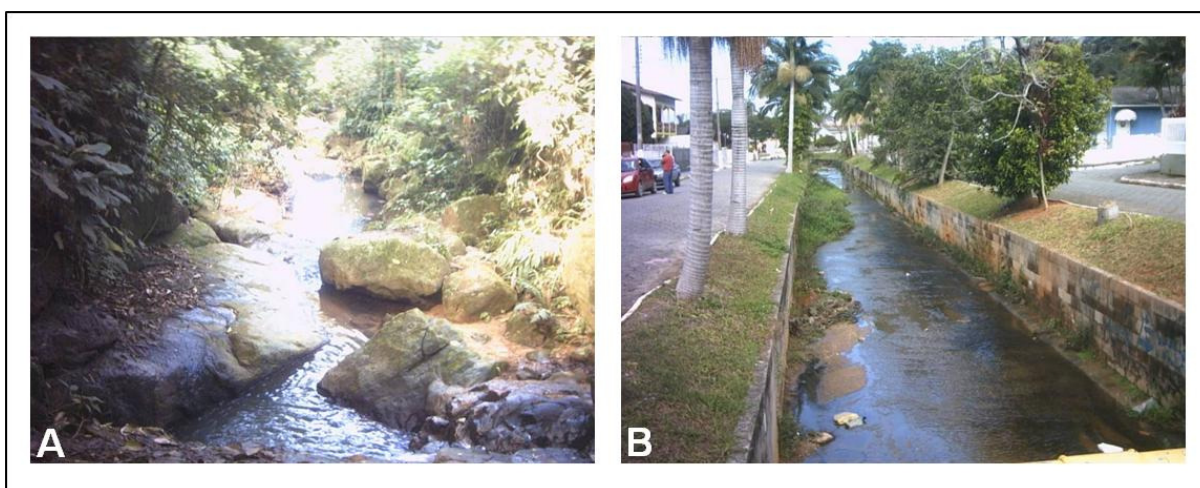


**Figura 6.10:** Pequeno comércio inserido sobre um dos canais. Segundo entrevista realizada por Souza (2006), o dono perdeu seu estabelecimento com a inundação de 1995, porém voltou a coloca-lo no mesmo lugar.

**Autor:** Francielle Cardozo, dia 20/09/07.

A figura 6.11 (A) mostra um afluente do rio Forquilha, localizado no loteamento Jardim das Palmeiras no bairro Forquilha. Como se pode notar, ele

ainda se encontra preservado em sua forma natural, encaixado em uma área de encosta, onde a água possui grande velocidade, chegando a apresentar algumas pequenas corredeiras, denotando que em períodos de grande precipitação a velocidade da água aumenta ainda mais. A jusante dessa área, esse afluente se encontra canalizado, de acordo com a figura 6.11 (B), denotando o problema que existe na realização de canalizações, que não conseguem suportar a velocidade e o volume das águas, acabando por inundar as áreas próximas. A figura 6.12 mostra o detalhe de outro tipo de residência instalada próximas aos canais no bairro Forquilha.



**Figura 6.11:** A) Afluente do rio Forquilhas, loteamento Jardim das Palmeiras, bairro Forquilha. B) Mesmo afluente em área à jusante, já canalizado.

**Autor:** Francielle Cardozo, dia 20/09/07.



**Figura 6.12:** Nota-se uma pequena ponte sobre o canal para poder dar acesso à garagem da casa.

**Autor:** Francielle Cardozo, dia 20/09/07.



### c) Suscetibilidade Média a Inundações

Também presentes no modelado de acumulação flúvio-marinha, as áreas localizadas entre as cotas 3 e 4 metros foram classificadas como de média suscetibilidade a inundações, abrangendo parte dos bairros de Forquilha, Flor de Nápoles e Picadas do Sul. A figura 6.13 mostra outro canal presente em outro setor do bairro, denotando que na área de estudo muitos afluentes se encontram na área urbana e canalizados. A altura das águas atinge valores entre 1,5 e 2,0 metros, possuindo essa classe uma área total de 1,32 Km<sup>2</sup>, e os problemas das inundações que ocorrem nesse setor também são devidos aos mesmos ocorridos nas áreas de suscetibilidade baixa.



**Figura 6.13:** Detalhe de outro canal presente no bairro de Forquilha.  
**Autor:** Francielle Cardozo, dia 28/03/09.

### d) Suscetibilidade Alta a Inundações

Já as áreas classificadas como de alta suscetibilidade a inundações se encontram na cota de 2 a 3 metros, sendo a segunda classe que possui a maior área em Km<sup>2</sup>, com 1,33, ressaltando que a classe que possui a maior área em Km<sup>2</sup> é a de suscetibilidade muito baixa, que engloba as cotas entre 5 e 8 metros. A altura das águas nesse setor atinge entre 2,0 e 3,0 metros de altura, e também estão inseridos nessa área parte dos bairros de Forquilha, Flor de Nápoles e Picadas do Sul. Essa classe se encontra presente no modelado de acumulação flúvio-marinha, e foram classificadas como de suscetibilidade alta devido à existência dos fatores já expostos que vão condicionar a ocorrência das inundações, como a

intensa urbanização causando a impermeabilização do solo, a alterações dos cursos d'água naturais e a altura em que as águas podem atingir, já que esse setor está localizado em uma área muito baixa da planície de inundação. A figura 6.14 mostra a planície do rio Forquilhas, no qual as setas indicam o sentido em que está correndo um de seus afluentes. As casas neste setor se encontram localizadas bem próximas das margens do canal, havendo também a presença de muitos canos lançando esgoto diretamente no rio.

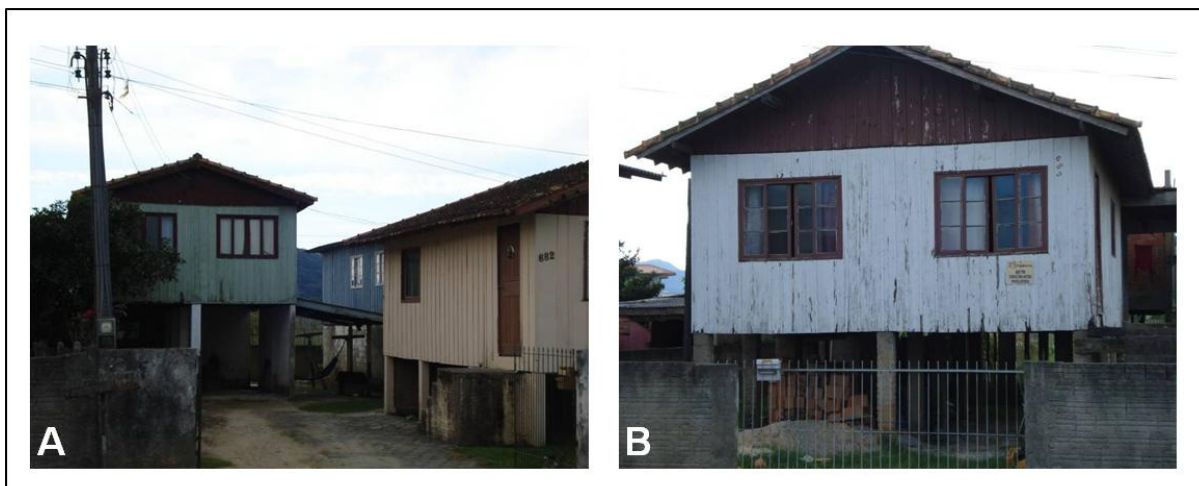


**Figura 6.14:** Planície do rio Forquilhas, que está passando ao fundo, bairro de Flor de Nápoles.

**Autor:** Francielle Cardozo, dia 28/03/09.

Nesse setor é muito comum a população adotar as chamadas medidas estruturais, no qual os residentes dessa área tentam se prevenir das futuras inundações colocando suas casas sobre aterros, ou construindo suas casas sobre pilotis, de acordo com a figura 6.15 (A e B).





**Figura 6.15:** A e B) Casas construídas sobre pilotis para prevenir as inundações, bairro Flor de Nápoles.

**Autor:** Francielle Cardozo, dia 28/03/09.

Segundo relato de um morador que é vizinho dessa casa presente na figura 6.15 (B), a altura das águas na inundação de 1995 atingiu até a parte de madeira da casa, chegando a uma altura de aproximadamente 1,70 metros.

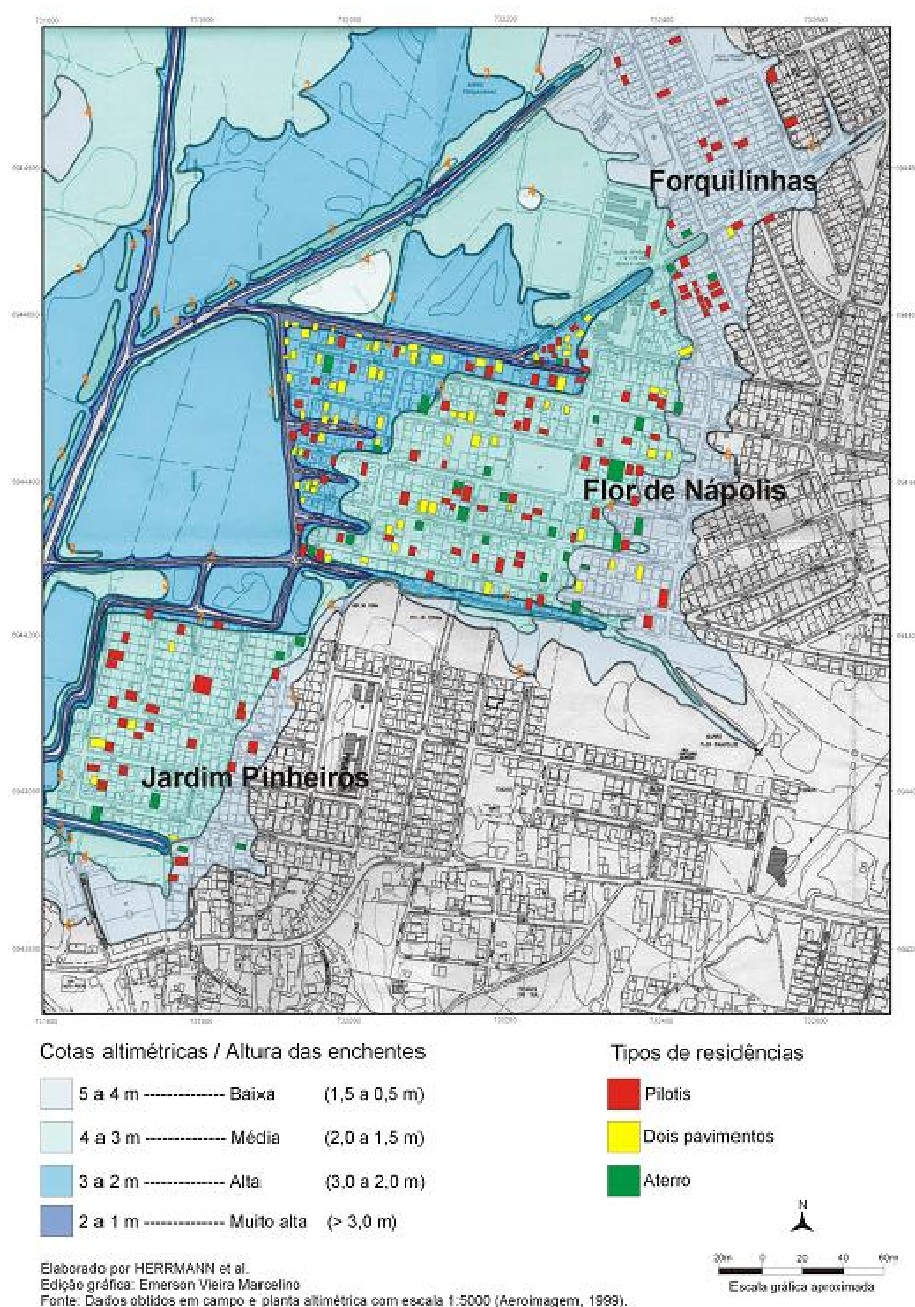
A inundação ocorrida em janeiro de 2008 não foi tão forte quanto as dos anos da década de 90, porém ainda assim as águas atingem grandes alturas, no qual os moradores desse setor não são afetados somente pelas inundações, mas também por alagamentos que ocorrem em dias de precipitação mais fortes. O problema maior se concentra nas casas que não possuem suas construções sobre pilotis, pois segundo relato do mesmo morador, a altura em que atingiram as águas na inundação de 1995 chegou até o teto de algumas casas.

### **e) Suscetibilidade Muito Alta a Inundações**

As áreas classificadas como de suscetibilidade muito alta a inundações se encontram também no modelado de acumulação flúvio-marinha, nas cotas que vão de 1,0 a 2,0 metros, possuindo 0,28 Km<sup>2</sup> de extensão. Parte dos bairros de Flor de Nápoles e Picadas do Sul se localizam próximos a essa classe Muito Alta, e a altura em que a água pode atingir nesse setor é superior aos 3,0 metros.

De acordo com a base cartográfica adquirida na Prefeitura de São José, utilizada para fazer a contagem das casas inseridas nas áreas inundáveis, na classe de suscetibilidade muito alta não existem residências, pois abrange as áreas do leito menor do rio Forquilhas. Porém, de acordo com a figura 6.16, que mostra o mapa da

altura das inundações e os tipos de residências que foram adaptadas para evitarem as mesmas nos bairros Forquilhaas, Flor de Nápoles e Jardim Pinheiros, podem ser encontradas algumas casas presentes dentro dessa classe (HERRMANN et al. 2002; HERRMANN e CARDOZO, 2008). Muitas ruas desses bairros foram abertas até chegar ao limite dos canais, no qual a distância das casas com os mesmos fica em torno de 2 metros, e ainda assim algumas pessoas inseriram suas casas além dessa cota, ficando presentes dentro da área de suscetibilidade muito alta.



**Figura 6.16:** Altura das Inundações nos bairros Forquilhaas, Flor de Nápoles e Jardim Pinheiros.

**Fonte:** Herrmann et al. (2000).

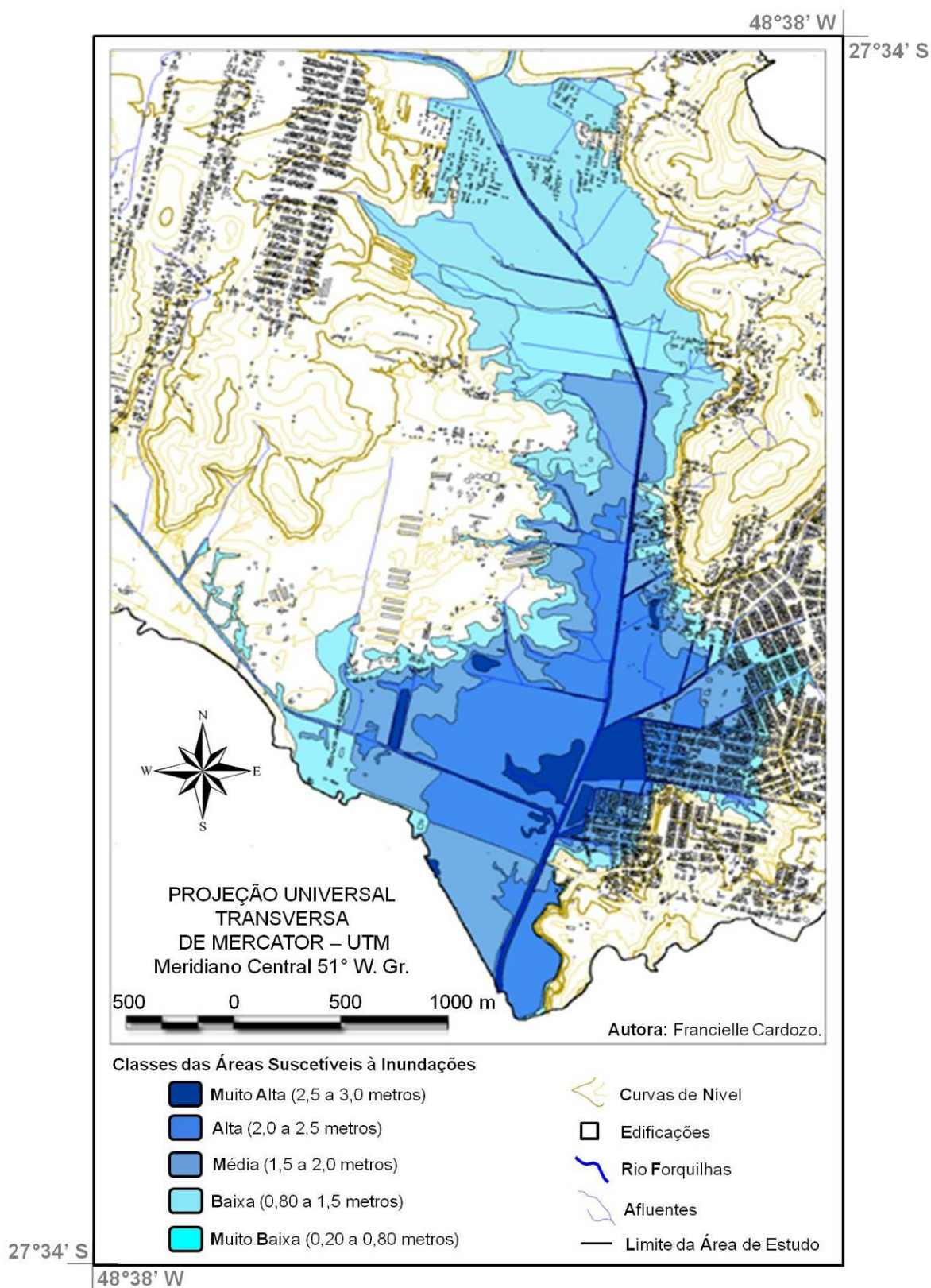
O mapa 8 representa as áreas suscetíveis a inundações classificadas como muito baixa, baixa, média, alta e muito alta, e a figura 6.17 mostra as manchas de urbanização que estão inseridas nessas áreas. Para elaborar essa figura utilizou-se a base digital planialtimétrica em escala 1:2.000, no qual a classe urbana (que pode ser composta por casas, comércio e indústria), é representada cada uma por um polígono fechado. A seguir foi feita a soma dos polígonos que estão localizados em cada classe de suscetibilidade a inundação.

De acordo com o censo do IBGE (2000) o número de domicílios particulares permanentes é de 892 no bairro de Flor de Nápoles, 2.115 em Forquilhas, 3.212 em Forquilha, 1.006 em Picadas do Sul, 859 em Potecas e 835 no Sertão do Maruim. Dividindo-se o número total de habitantes pelo número de domicílios permanentes, obtêm-se uma média de 3,50 pessoas em cada residência. Considerando que os bairros encontram-se parcialmente inseridos nas áreas suscetíveis a inundações, deve-se, portanto, salientar que apenas uma parcela do total dos domicílios sejam afetados pelas inundações.

De acordo com o resultado final, o setor que abrange a classe de suscetibilidade muito baixa a inundações possui 194 residências, gerando uma média de 679 pessoas morando nesses domicílios, onde se localizam parte dos bairros de Forquilhas e Potecas. O setor que engloba a classe de suscetibilidade baixa abrange parte dos bairros de Potecas, Forquilha, Flor de Nápoles, Picadas do Sul e Sertão do Maruim, totalizando 493 residências e uma média de 1.725 pessoas. A classe de suscetibilidade média a inundação abrange parte dos bairros de Forquilha, Flor de Nápoles e Picadas do Sul, sendo o setor no qual está inserido o maior número de residências, com 638 aproximadamente e 2.233 pessoas.

A classe de suscetibilidade alta a inundação também abrange os bairros localizados na classe de suscetibilidade média, porém com um número bem menor, com 251 residências aproximadamente e média de 878 pessoas, mas ainda sim esse número é preocupante, pois essa classe é a segunda que oferece mais riscos a população, com a altura da água atingindo até 3,0 metros de altura. De acordo com a base cartográfica utilizada para o estudo, a classe de suscetibilidade muito alta não possui nenhuma residência fixada nesse setor, porém, como já foi exposto

anteriormente, de acordo com a figura 73 podem-se encontrar algumas residências inseridas nessa classe, nos bairros Flor de Nápoles e Jardim Pinheiros.



**Figura 6.17:** Urbanização inserida nas áreas suscetíveis a inundação na bacia do rio Forquilhas.

Sendo assim, conclui-se que a área inundável presente na bacia do rio Forquilhas é de 5,52 Km<sup>2</sup>, e que de 8.919 domicílios permanentes, 1.576 estão inseridos em áreas suscetíveis a inundações, representando 17,67% do total da área inundável, e que de 27.227 habitantes, 5.515 residem em áreas inundáveis, ou seja, 20,25% do total.

Durante o período de 1980 a 2008 ocorreram 44 desastres na bacia do rio Forquilhas, sendo que 33 foram decorrentes de inundações, predominando-se as inundações bruscas com 23 ocorrências, e as graduais obtiveram 10 ocorrências. Em todos esses episódios, de acordo com os registros disponíveis na Defesa Civil do Estado, as inundações desabrigaram 6.719 pessoas e provocaram 2 vítimas fatais, e em associação com os escorregamentos, os números de desabrigados e mortos foram de 4.279 e 2 respectivamente.

A maioria dos casos de inundações na bacia do rio Forquilhas é originada durante episódios pluviais intensos devido à passagem de frentes frias, sendo que alguns episódios de calamidade pública ocorreram devido à associação com o fenômeno *El Niño*. Na área de estudo os episódios de inundação ocorreram em todos os meses do ano, exceto no mês de abril e junho, sendo que a maior frequência ocorreu no verão, principalmente nos meses de janeiro, com 8 ocorrências, fevereiro, com 5 ocorrências, março, com 5 ocorrências e dezembro, com 5 ocorrências.

As inundações bruscas são os eventos que mais ocorrem na área de estudo, portanto, o principal fator causador são as precipitações intensas e de curta duração, que resultam no transbordamento dos rios, canais e bueiros, alagando e inundando ruas e residências, e quando somados com períodos em que a maré está alta, aumentando ainda mais as consequências dos desastres.

Tais problemas demonstram a fragilidade do sistema de drenagem não somente diante das precipitações excessivas, às vezes em conjugação com a maré alta, como também, devido à falta de planejamentos e de fiscalização do uso da terra, aliado a carência da limpeza e manutenção dos cursos d'água naturais e artificiais.



Vale ressaltar que esse número total de inundações foi retirado dos relatórios de danos enviados pela Prefeitura de São José para a Defesa Civil do Estado, onde não constam outros registros que ocorrem na área de estudo, que não são noticiados por não possuírem importância, mas que com certeza causam grandes transtornos e perdas para a população impactada.

Portanto, pode-se concluir que as ocorrências de inundações registradas na bacia do rio Forquilhas possuem como principal condicionante a presença da ação antrópica, que causa a impermeabilização do solo; o desmatamento para a expansão urbana, que impede a interceptação da precipitação, favorecendo a velocidade de escoamento e os processos erosivos, emitindo sedimentos para os cursos d'água, causando o assoreamento e conseqüentemente as inundações; e a realização de obras de infraestrutura, como a retificação e a canalização das drenagens, que alteram a dinâmica natural dos rios aumentando ainda mais o problema das inundações.

Todos os registros de inundações na bacia do rio Forquilhas, assim como suas consequências, demonstram a importância do desenvolvimento dessa pesquisa, que tem o objetivo de ajudar a comunidade local que frequentemente é exposta aos episódios pluviais intensos.

## **6.2 Áreas Suscetíveis a Escorregamentos**

O mapeamento das áreas suscetíveis a escorregamentos possibilita o planejamento e direcionamento das ocupações humanas para locais adequados, constituindo assim um importante instrumento para prevenção de desastres.

Os escorregamentos são movimentos rápidos, de curta duração e com plano de ruptura bem definido, existindo a possibilidade de identificar o material deslizado e o que não foi movimentado (FERNANDES e AMARAL, 1996).

Para Herrmann org. (2005), os fatores condicionantes aos escorregamentos estão relacionados, principalmente, à estrutura geológica, à declividade da vertente, à forma topográfica, ao regime de chuvas e à atividade antrópica. Dentre os fatores citados, a atividade antrópica constitui-se como um dos maiores potencializadores dos escorregamentos, destacando-se o uso irracional das áreas declivosas, os

desmatamentos, os cortes e aterros mal executados para a construção de casas e estradas, o lançamento direto de águas servidas, o vazamento da rede de abastecimento de água, as fossas sépticas e o acúmulo de lixo.

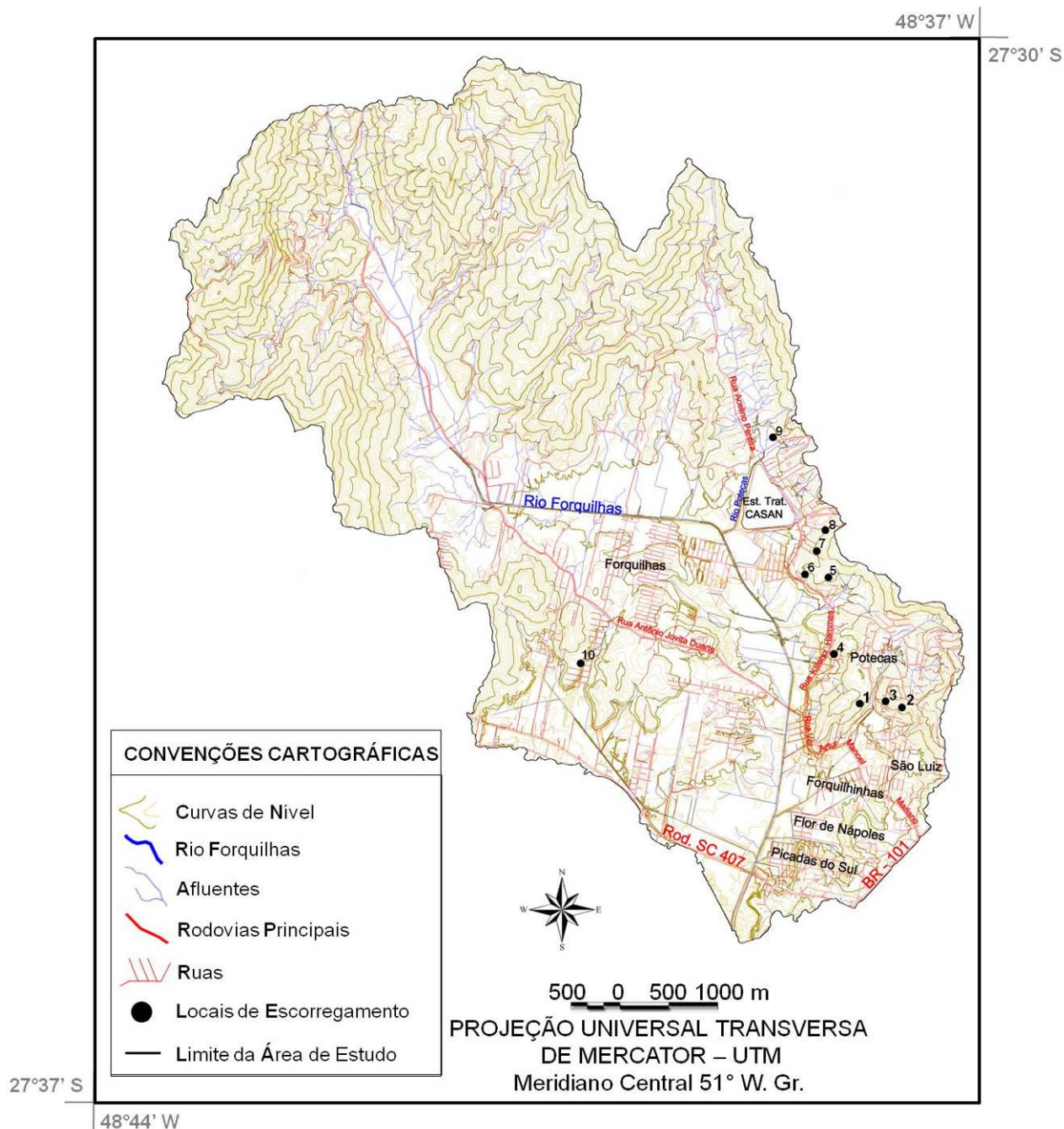
De modo geral, segundo Herrmann (2000, p.30) os escorregamentos estão “associados aos episódios de inundações e a maioria são verificados ao longo das rodovias e das estradas secundárias, e quando não provocam acidentes graves, não são citados nem nos arquivos da DEDC-SC e nem nos meios de comunicação”.

Os desastres que ocorrem no Brasil devido aos escorregamentos são frequentes, e sua ocorrência está ligada na maioria das vezes com a dinâmica das encostas, ocorrendo geralmente durante as estações chuvosas, gerando prejuízos sócio-ambientais e econômicos (CASTRO, 1997).

A ocorrência de um escorregamento vai depender de alguns fatores, dentre eles pode-se citar a inclinação das vertentes, a quantidade e frequência das precipitações, a presença ou não da vegetação e a consolidação do material, sendo que eles podem ser acelerados devido à utilização de forma inapropriada pela ação antrópica (GUERRA e GUERRA, 1997).

A bacia do rio Forquilhas possui uma significativa parcela da área urbana presente em locais suscetíveis a escorregamentos, fato que torna importante o estudo sobre o tema na área de estudo, no qual tem o objetivo de apresentar as áreas que possuem características físicas propícias aos escorregamentos, principalmente a classe muito alta, a fim de que se possam tomar atitudes quanto às residências que já estão inseridas nessas classes, salientando que a medida de prevenção mais importante é o planejamento adequado antes de se originarem novos loteamentos.

De acordo com saídas de campo, foram mapeadas as áreas que possuem algum tipo de corte na encosta, as áreas que estão ou estiveram em processo de um escorregamento, assim como as áreas que possuem algum perigo da ocorrência do mesmo, podendo ser visualizadas na figura 6.18.



**Figura 6.18:** Carta Planialtimétrica da bacia do rio Forquilha destacando os locais mapeados propícios à ocorrência de escorregamentos.

O primeiro ponto mapeado se encontra no bairro Jardim das Palmeiras. Foi nesse local que ocorreu o escorregamento no ano de 1991, no qual as chuvas intensas (404,8 mm) provocaram o encharcamento do manto de intemperismo, onde o excesso de água percolante na espessa camada de alterita, ao atingir a rocha sã e impermeável, criou um “leito subterrâneo”, instabilizando o equilíbrio do material detrítico e dos matacões existentes situados sobre a média/baixa encosta, com uma altitude em torno de 100 metros e declividade aproximada de 40°. A massa



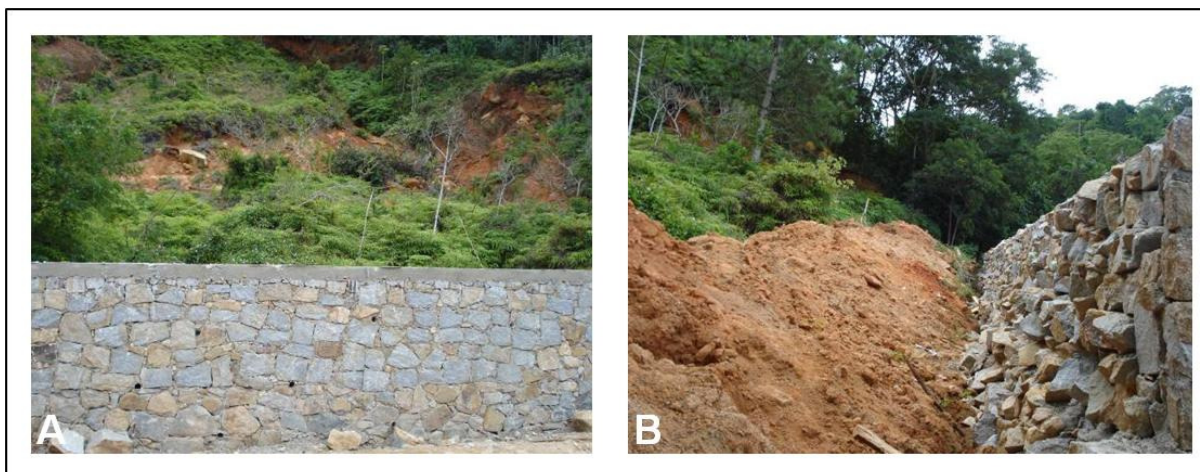
heterogênea de sedimentos deslizou repentinamente, em uma quantidade aproximada de 20.000 m<sup>3</sup>, atingindo 5 casas, sendo que em uma delas morreram soterradas 5 pessoas da mesma família (HERRMANN et al., 1993), e como pode ser visto na figura 6.19, continuam ocorrendo escorregamentos no local, e segundo informações de moradores, esse último ocorreu com as chuvas de novembro de 2008.



**Figura 6.19:** Escorregamento reativado, bairro Jardim das Palmeiras.  
**Autor:** Francielle Cardozo, dia 03/04/09.

As casas foram reconstruídas no mesmo lugar e nada foi feito sobre a cicatriz deixada por esse deslizamento. Desde o período de 2007, no qual começaram as saídas de campo deste trabalho na área de estudo, percebeu-se que nesse local já ocorreram 3 escorregamentos, sendo o último em novembro de 2008.

Em nenhum deles, o material atingiu ou destruiu alguma residência, porém eles causam transtornos aos moradores, pois essa massa de material deslizada ultrapassa a rua, causando a destruição do calçamento e bloqueio da passagem de carros. Como pode ser visualizado na figura 6.20 (A e B), atualmente está sendo construído um muro de contenção nesse local para evitar que novas massas de terra provenientes dos escorregamentos caiam na rua, evitando novos transtornos.



**Figura 6.20:** A) Muro de contenção sendo construído para barrar o material proveniente do escorregamento, bairro Jardim das Palmeiras. B) Vista da parte de trás do muro.

**Autor:** Francielle Cardozo, dia 03/04/09.

Porém, essa medida foi tomada sem um planejamento adequado, pois a massa de material que desliza possui um volume muito grande, sendo que além de todo o material, essa encosta possui muitos blocos de rochas, como pode ser visualizado na figura 6.21, sendo que essa medida pode acabar piorando a situação, pois em um episódio em que ocorra um escorregamento maior, o muro poderá cair.



**Figura 6.21:** Presença de um dos blocos de rocha que se encontram nessa encosta, notar que esse bloco se encontra bem perto do muro que ainda está em construção.

**Autor:** Francielle Cardozo, dia 03/04/09.

O segundo ponto mapeado se localiza próximo ao bairro Jardim das Palmeiras e apresenta um escorregamento recente, ocorrido em novembro de 2008, segundo informações de moradores locais, como se pode visualizar na figura 6.22 (A e B).





**Figura 6.22:** A) Escorregamento próximo ao bairro Jardim das Palmeiras. B) Ponto abaixo do local onde ocorreu o escorregamento.

**Autor:** Francielle Cardozo, dia 03/04/09.

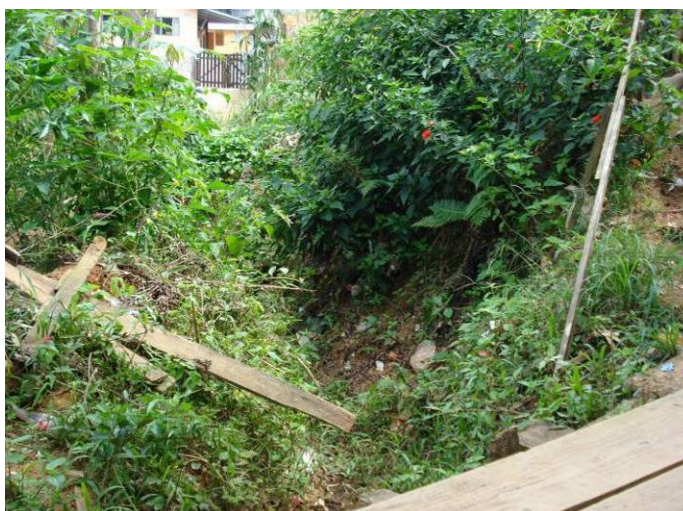
Como podem ser visualizados nas figuras acima, o ponto de ruptura ocorreu na média encosta do bairro Forquilha, representado pela figura 6.22 (A), e o escorregamento atingiu a casa que aparece na foto 6.22 (B), atingindo toda a garagem da casa e destruindo o telhado, que teve que ser refeito. Segundo relato dos moradores vizinhos, não ocorreu danos físicos, apenas danos materiais.

A figura 6.23 (A e B) mostra o detalhe de uma das árvores que caiu junto com escorregamento, mostrando a força da massa de material que desceu. Felizmente essa árvore estagnou neste local, não atingindo as casas abaixo, o que provocaria mais danos as famílias.



**Figura 6.23:** A) Detalhe do tamanho de uma árvore que caiu no momento do escorregamento. B) Destaque da raiz da árvore envolta no colúvio.  
**Autor:** Francielle Cardozo, dia 03/04/09.

Este escorregamento está localizado na parte média da baixa encosta (ou terraço inferior da encosta), possuindo material superficial bem espesso, alteração in situ (elúvio) com aproximadamente 5 metros e 4 metros de colúvio que sofreu transporte. Estima-se que  $125 \text{ m}^3$  de material tenham sido deslizados. Uma das possíveis causas do movimento de massa nesse local pode ser a abertura uma vala para poder escoar a água da chuva (conforme depoimento de moradores), como mostra a figura 6.24. Porém essa vala acabou instabilizando a vertente e quebrando o equilíbrio natural, resultando no escorregamento.



**Figura 6.24:** Vala aberta por moradores do local para dar passagem a água em dias de chuva.  
**Autor:** Francielle Cardozo, dia 03/04/09.



O terceiro local mapeado encontra-se próximo ao ponto anterior, fazendo parte da mesma encosta, e representa um corte que está presente bem perto de uma rua construída em vertente íngreme. Nesse local o material superficial de textura argilosa (colúvio) apresenta uma espessura de aproximadamente 3 metros, como mostra a figura 6.25.



**Figura 6.25:** Detalhamento de um corte presente em uma das ruas próximas do local do escorregamento.

**Autor:** Francielle Cardozo, dia 03/04/09.

A partir daí seguiu-se pela rua Killiano Hammes, no qual toda a encosta foi sendo verificada, onde os locais que mereciam atenção foram mapeados. O quarto local mapeado, que pode ser visto na figura 6.26, já se encontra no bairro de Potecas, e apresenta uma casa que está bem próxima de um corte na encosta, evidenciando que a área é suscetível a ocorrência de um escorregamento, com a presença do colúvio e camada de solo com textura argilosa.



**Figura 6.26:** Localização de uma residência muito próxima a um corte.  
**Autor:** Francielle Cardozo, dia 03/04/09.

Deste local foram batidas duas fotos panorâmicas. A figura 6.27 está presente na direção oeste desta residência, e mostra uma elevação que possui a presença de sulcos e ravinas antigas originadas pelo pisoteio do gado.



**Figura 6.27:** Presença de ravinas antigas devido ao pisoteio do gado.  
**Autor:** Francielle Cardozo, dia 03/04/09.

Na foto 6.28, localizada na direção norte da residência da foto 6.26, nota-se que as encostas se apresentam urbanizadas, demonstrando que as construções vão se expandindo para locais não propícios as mesmas.



**Figura 6.28:** Detalhe da urbanização que vai se expandindo pelas encostas na bacia do rio Forquilhas.

**Autor:** Francielle Cardozo, dia 03/04/09.

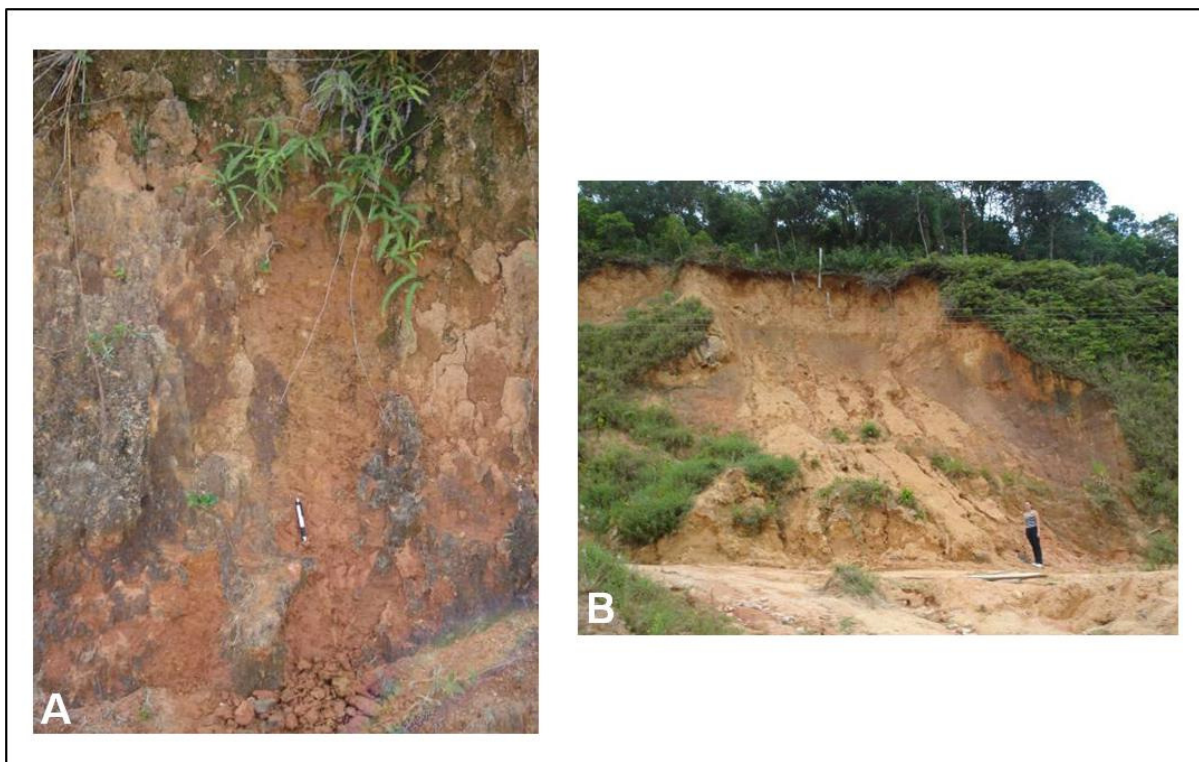
O ponto 5 situa-se em uma encosta com 3 locais de escorregamentos, de acordo com a figura 6.29. Neste setor o solo argiloso possui a cor mais avermelhada, com horizonte B textural, de acordo com a figura 6.30 (A). A figura 6.30 (B) mostra o maior dos 3 escorregamentos, detalhando o tamanho do material que desceu, onde se pode notar a cerca que está pendurada acima desse material, salientando que os cortes são feitos sem um planejamento adequado, e mostrando que esse tipo de trabalho acaba sendo inútil, pois o dono do terreno acima acabou perdendo parte de sua terra.



**Figura 6.29:** Detalhe encosta que possui 3 locais de escorregamentos.

**Autor:** Francielle Cardozo, dia 03/04/09.





**Figura 6.30:** A) Corte com a presença de um colúvio mais antigo, com solo argiloso e horizonte B textural. B) Detalhe do tamanho do maior dos 3 escorregamentos.

**Autor:** Francielle Cardozo, dia 03/04/09.

O corte referente ao ponto 6 representa uma situação muito comum, presente na figura 6.31. Na foto, nota-se que a casa localizada na parte de baixo está muito próxima do corte, e a casa de cima também está no limite do mesmo. Neste caso, e como em muitos outros, os moradores na base do corte vão ampliando a mesma, aumentando a probabilidade de originar um deslizamento, principalmente por ser uma área suscetível a esse tipo de ocorrência.

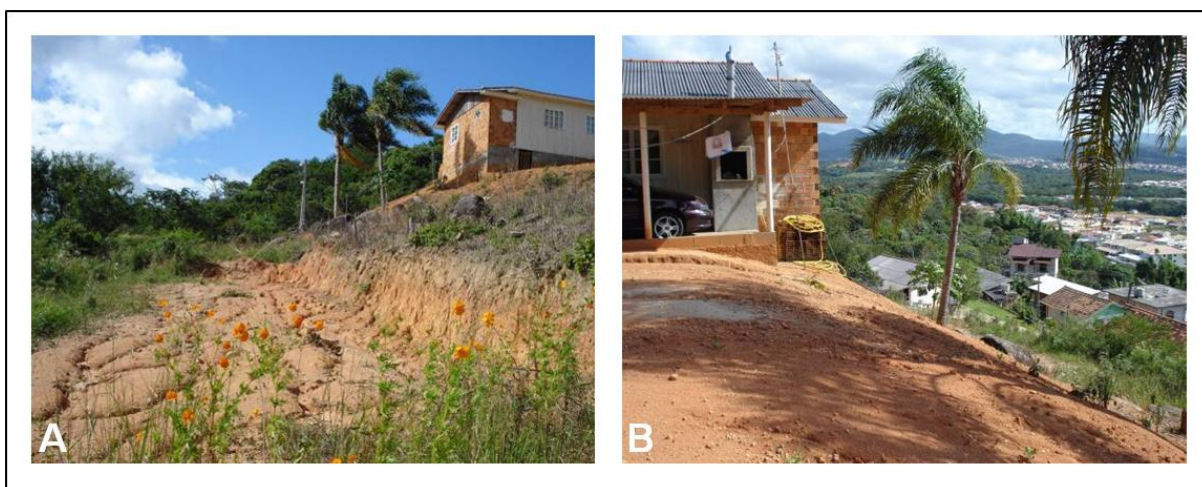


**Figura 6.31:** Duas casas inseridas em um local perigoso devido ao corte com inclinação de 90° na encosta.

**Autor:** Francielle Cardozo, dia 03/04/09.



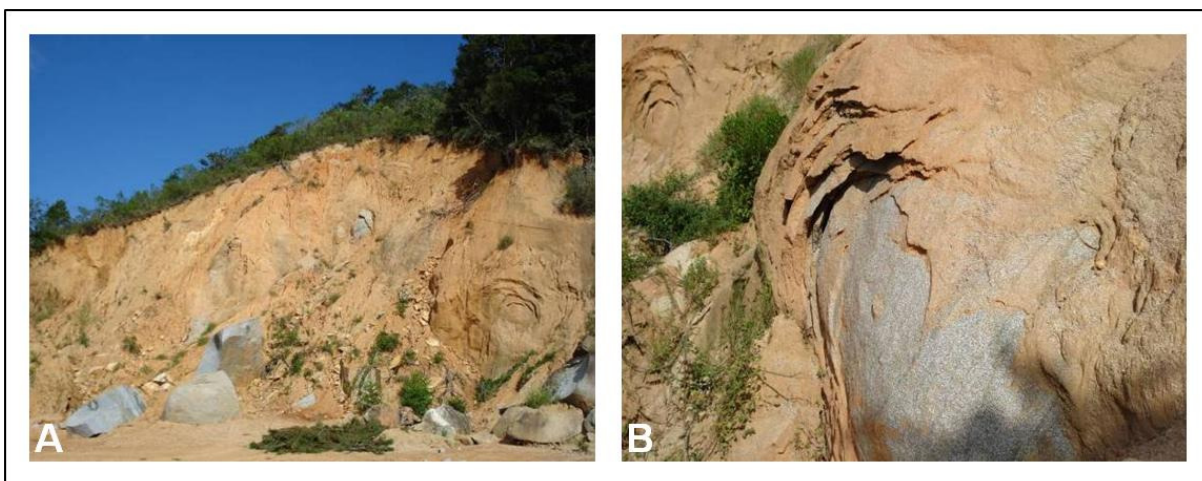
O sétimo local mapeado está presente em uma encosta próxima à estação de tratamento da Casan, e representa uma situação de perigo para a casa que ali está instalada, como mostra a figura 6.32 (A). A figura 6.32 (B) evidencia que uma das paredes da casa está no limite com a encosta do morro, apresentando solo argiloso, onde o material intemperizado que reveste a encosta possui aproximadamente de 2 a 4 metros. Este tipo de situação mostra o descaso e a falta de cuidados com que os moradores instalam suas residências.



**Figura 6.32:** A) Casa inserida em um local propício a ocorrência de um escorregamento no bairro Potecas. B) Detalhe lateral da casa.

**Autor:** Francielle Cardozo, dia 03/04/09.

O oitavo ponto mapeado indica uma área de empréstimo localizada na média encosta, de acordo com a figura 6.33 (A), e que possui marcas de deslizamento devido à instabilidade gerada pela retirada do solo. Destacam-se a presença de blocos com a presença de decomposição esferoidal no manto de alteração, originados pelo intemperismo químico, que age nas fraturas decompondo os minerais da rocha, e pelo intemperismo físico, propiciando a desagregação das mesmas, de acordo com a figura 6.33 (B).



**Figura 6.33:** A) Área de empréstimo no bairro de Potecas. B) Decomposição esferoidal no granito.

**Autor:** Francielle Cardozo, dia 03/04/09.

O nono ponto mapeado indica um local que apresenta material instável na vertente devido à retirada antiga dos mesmos, como mostra a figura 6.34. Foi ao lado desse local que foi descrito o perfil do solo, discutido no subcapítulo 6.4.



**Figura 6.34:** Material instável na vertente devido a sua retirada.

**Autor:** Francielle Cardozo, dia 03/04/09.

O décimo ponto mapeado está localizado no loteamento Terra Firme, a oeste do setor da encosta analisada anteriormente. Nesse loteamento pode-se notar que muitas residências estão instaladas muito próximas das encostas, em áreas suscetíveis a escorregamentos, como mostra a figura 6.35 (A e B).



**Figura 6.35:** A) Residências localizadas muito próximas das paredes das encostas. B) Ponto acima da foto anterior, mostrando outra residência muito próxima de uma encosta.

**Autor:** Francielle Cardozo, dia 03/04/09.

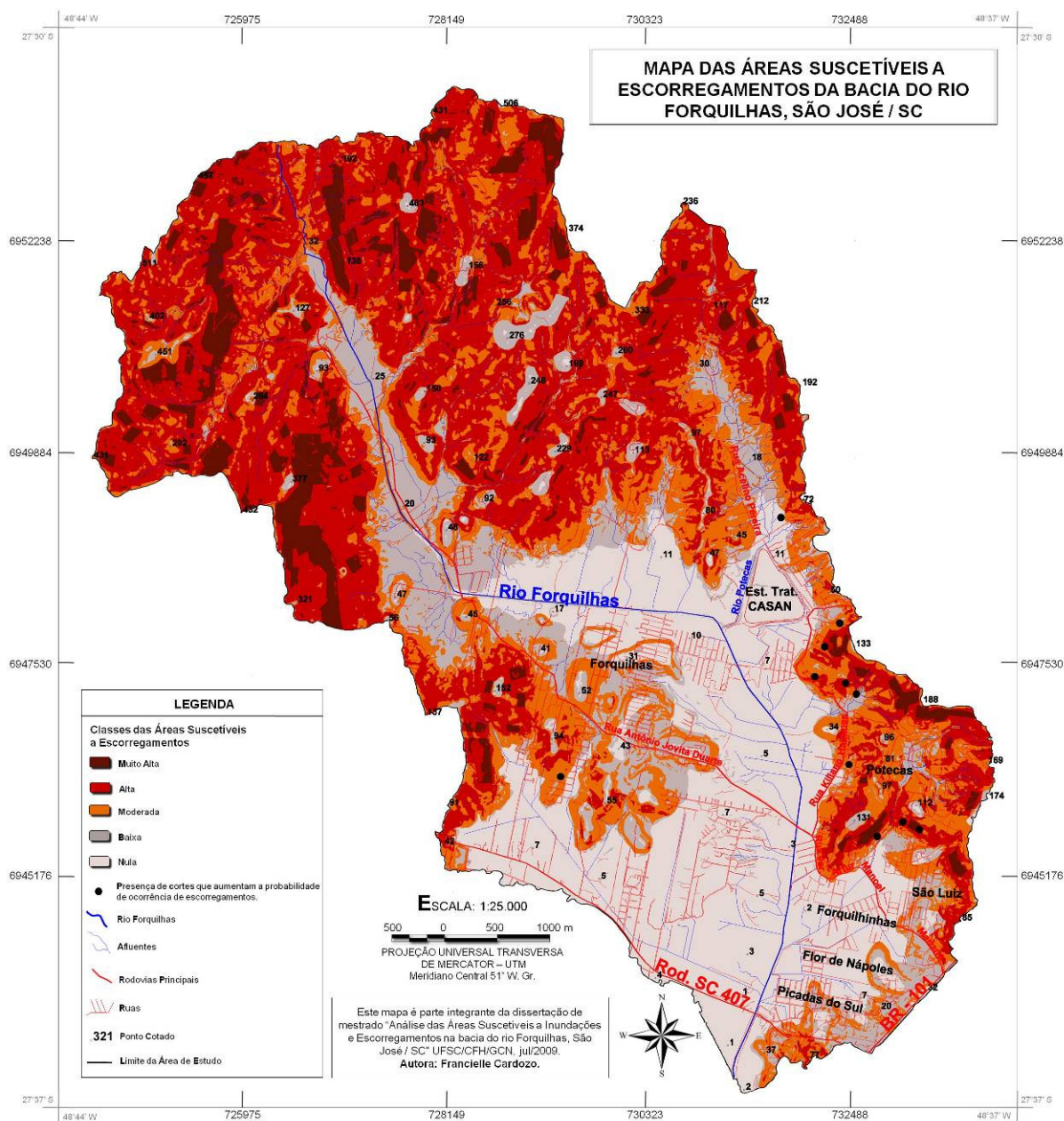
Como podem ser visualizadas nas fotos, muitas residências são construídas em áreas que possuem suscetibilidade à ocorrência de um escorregamento, inclusive muitas dessas residências ainda se encontram na fase de construção. A população, ou por desconhecimento ou por não encontrar outro local para comprar, já que esses terrenos tendem a ser mais baratos, acabam construindo suas casas muito próximas aos cortes nas encostas, tanto acima quanto abaixo de suas casas, onde o preço a pagar posteriormente em caso de algum desastre será muito maior, principalmente quando há vítimas.

De um modo geral, todos os locais mapeados possuem espesso manto de material intemperizado (em torno de 4 metros), onde não é possível ver a rocha sã, apresentando solos com textura areno-argilosa. Todos os locais mapeados se encontram em áreas urbanizadas da bacia do rio Forquilhas, e essas áreas são as mais impactadas com as ocorrências dos escorregamentos, principalmente porque causam perdas de vidas humanas e danos materiais e ambientais.

As áreas suscetíveis a escorregamentos na bacia do rio Forquilhas estão identificadas no mapa 9, classificadas como áreas de suscetibilidade nula, baixa, moderada, alta e muito alta.

Segundo o mapa 9, os locais que possuem suscetibilidade nula a escorregamentos abrangem uma área de 13,37 Km<sup>2</sup>, e podem ser observados,





**Mapa 9:** Mapa das Áreas Suscetíveis a Escorregamentos da bacia do rio Forquilha. (Mapa reduzido a partir da versão impressa desta dissertação).

principalmente, nas áreas planas, margeando os Modelados de Acumulação Flúvio-Marinha e os Terraços, caracterizados por possuir baixa declividade que atingem no máximo 3°; e nos Depósitos Aluvionares, que são constituídos basicamente por areias e sedimentos siltico-argilosos, depositados nas planícies de inundação, características que não favorecem a ação da gravidade e os movimentos de massa. A população está inserida em maior parte nessa classe, e como é uma área densamente urbanizada, apresenta alguns resquícios de vegetação arbórea e herbáceo-arbustiva, com o predomínio da vegetação de campos.

Os locais que possuem suscetibilidade baixa estão inseridos nas baixas encostas dos Modelados de Acumulação Coluvial; em algumas áreas da Dissecação em Colina no baixo vale, principalmente no setor oeste e margeando o limite sudeste da bacia; e nos topos planos dos morros, totalizando 7,12 Km<sup>2</sup>. Essas áreas ainda apresentam relevos mais planos e pouco dissecados, com baixa declividade, predominando inclinações do terreno menores que 10°, no entanto, alguns locais apresentam declividades entre 17 - 30% (16,7°), aumentando a probabilidade de ocorrência de um escorregamento causada pela ação da gravidade. Nessa classe, as encostas próximas são as convexas, no qual os fluxos de águas são divergentes, não acumulando sedimentos e materiais instáveis em suas bases; e as côncavas, fator que eleva a suscetibilidade a escorregamentos devido ao fluxo convergente das águas superficiais que por ela escoam. Além dos Depósitos Aluvionares, há a presença dos Depósitos Colúvio-Alúvio-Eluviais, caracterizados por locais dispostos em forma de rampa, possuindo deposição de sedimentos coluviais e alteração in situ, formados por materiais areno-argilosos, depositados em fluxos de regime torrenciais, característica que aumenta a probabilidade de ocorrência de um escorregamento. Também se pode destacar a presença da ocupação urbana, principalmente no setor centro-oeste e na faixa leste que limita a bacia do rio Forquilhas no baixo vale, predominando nessa classe a vegetação de campos.

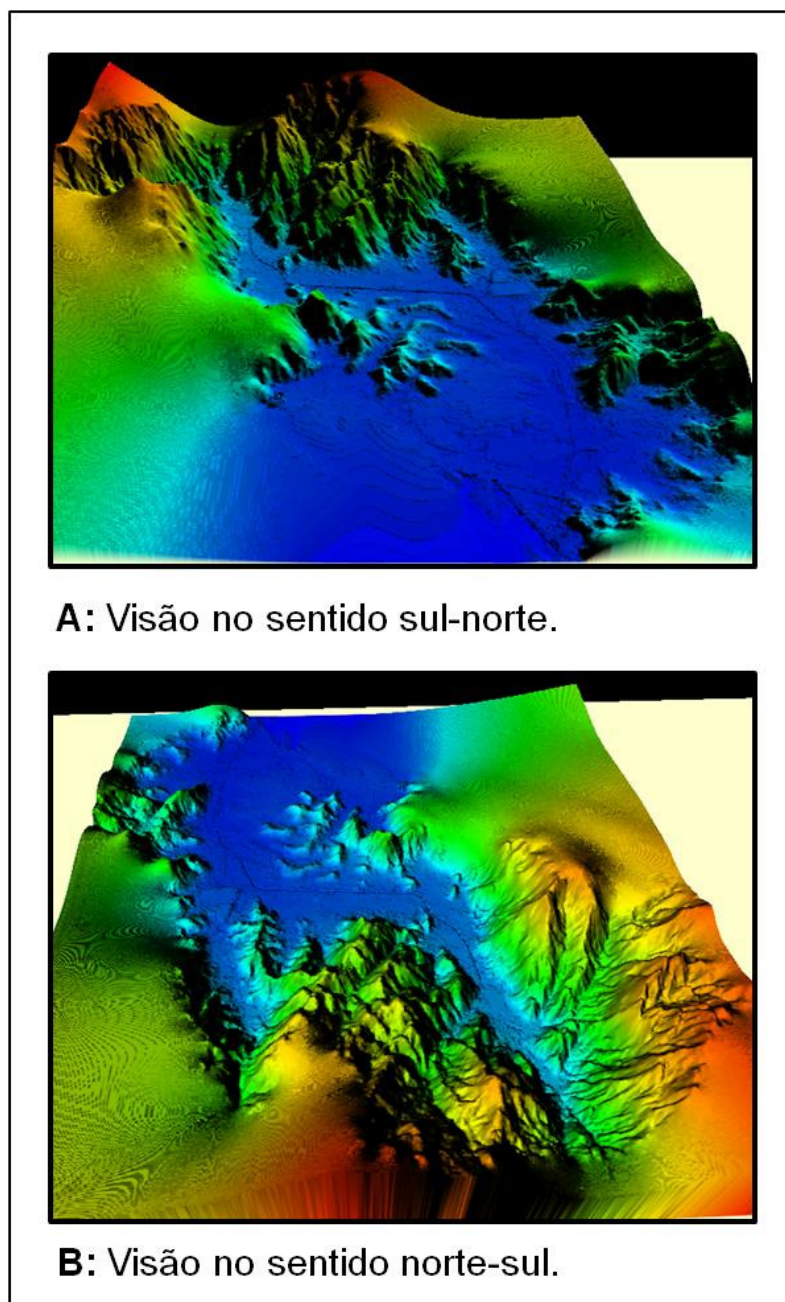
As áreas com suscetibilidade moderada totalizam 11,46 Km<sup>2</sup> de extensão, e se localizam basicamente nas áreas dos Modelados de Acumulação Coluvial, no setor oeste e sudeste do baixo vale e em uma faixa leste do alto vale; no Modelado de Dissecação em Outeiro, em uma área do setor leste e oeste do baixo vale, em uma faixa leste do médio vale e em pequenos locais espalhados pelo alto vale; e em

algumas áreas do Modelado de Dissecação em Colina, principalmente em um pequeno local do setor leste e oeste do baixo vale, em duas faixas de direção norte-sul no médio e alto vale e em outros pequenos locais espalhados pelo Modelado de Dissecação em Montanha. O relevo apresenta-se, portanto, bastante dissecado, e a declividade começa a acentuar, variando de 9 a 30°, aumentando a velocidade do escoamento superficial que favorece os movimentos de massa. Nessa classe as encostas possuem em sua maioria formas convexas e algumas em forma côncava, e apresentam diferentes litologias, como os Depósitos Colúvio-Alúvio-Eluviais, as Suítes Intrusivas São Pedro de Alcântara e Pedras Grandes e o Complexo Granito – Gnáissico, onde este último possui maior suscetibilidade aos escorregamentos pela presença de rochas gnáissicas, graníticas e migmatíticas de estrutura maciça ou lineada. Quanto à cobertura vegetal, varia entre a vegetação herbáceo-arbustiva e arbórea, principalmente no alto vale, porém apresenta em sua maioria áreas de campos devido à expansão da urbanização, que se encontra principalmente na baixa encosta, com indicativos de expansão para a média encosta, causando o desmatamento e a impermeabilização do solo, favorecendo a instabilização e os processos erosivos que podem originar movimentos de massa.

A suscetibilidade alta a escorregamentos corresponde às áreas com declividades acentuadas, predominantemente entre 16 e 30° e estão inseridas nos Modelados de Dissecação em Montanha, Outeiro e Colina. As encostas possuem formas côncavas, convexas e até retilíneas em alguns locais, predominando nessa classe a vegetação de tipo arbórea que permitem a proteção do solo, porém ainda assim são locais que apresentam perigo e exigem critérios para a ocupação humana, em conformidade com o Plano Diretor que considera a grande maioria dessas áreas como APP. As Suítes Intrusivas São Pedro de Alcântara e Pedras Grandes e o Complexo Granito – Gnáissico estão presentes nessa classe, que é a maior em área na bacia do rio Forquilhas, apresentando 18,24 Km<sup>2</sup> de extensão, localizando-se principalmente no alto e médio vale e em duas faixas a oeste e sul no baixo vale, já com a presença de uma expressiva urbanização.

As figuras 6.36 e 6.37 mostram os blocos-diagramas da bacia do rio Forquilhas, denotando como é declivoso e íngreme o relevo na área de estudo, principalmente no alto vale, em locais de dissecação em montanha e outeiro. Sendo assim, a classe de suscetibilidade alta a escorregamentos resultou como a maior em

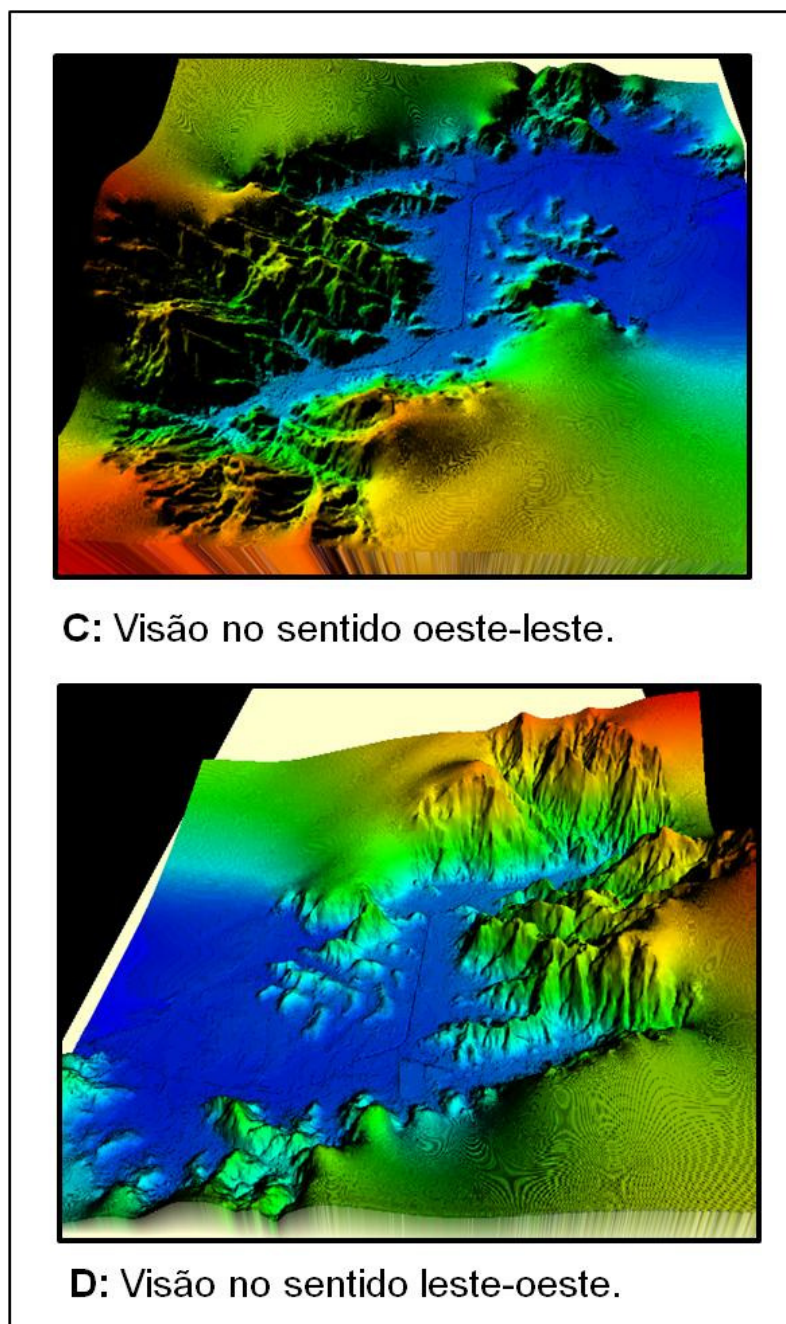
área na bacia devido a esse e outros fatores, como o cruzamento dos mapas temáticos, principalmente quando coincidem a declividade, as formas de encostas que propiciam a instabilização da vertente e à presença em maioria das rochas gnáissicas, graníticas e migmatíticas, principalmente quando estão presentes em relevo montanhoso, que favorecem a ação da gravidade e a alta velocidade do escoamento superficial.



**Figura 6.36:** Blocos-diagramas da bacia do rio Forquilhas. A) Visão sentido sul-norte. B) Visão sentido norte-sul.

**Fonte:** Elaborado a partir das Cartas Digitais Planialtimétricas, Escala 1:2000, curvas de nível de 1 em 1 metro. Base cartográfica interpolada no *Software* ArcGIS e imagens finais geradas no *Software* Global Mapper.





**Figura 6.37:** Blocos-diagramas da bacia do rio Forquilhas. A) Visão sentido oeste-leste. B) Visão sentido leste-oeste.

**Fonte:** Elaborado a partir das Cartas Digitais Planialtimétricas, Escala 1:2000, curvas de nível de 1 em 1 metro. Base cartográfica interpolada no *Software* ArcGIS e imagens finais geradas no *Software* Global Mapper.

Os locais da bacia do rio Forquilhas que possuem suscetibilidade muito alta a escorregamentos referem-se às áreas onde existe a combinação de diversos condicionantes, tais como, a forma do relevo de Dissecação em Montanha e Outeiro; declividades altas, que vão de 30 a 45°, no qual alguns lugares possuem mais de 45°, como é o caso da pedra localizada no setor oeste do alto vale; e as encostas com formas côncavas e retilíneas, que favorecem a ocorrência dos movimentos de



massa, principalmente pelo aumento da velocidade do escoamento superficial da água e do poder erosivo na movimentação de materiais superficiais, embora a vegetação predominante nessa classe seja a arbórea, que protege o solo da ação erosiva e mantém a estabilidade. Essas áreas perfazem um total de 3,69 Km<sup>2</sup> e localizam-se principalmente nas altas encostas e em alguns setores a oeste e sul do baixo vale, tendo a presença da ocupação humana bem próxima a essa classe, inclusive abrangendo o local em que ocorreu o escorregamento do ano de 1991 que resultou em 7 vítimas fatais, no bairro Jardim das Palmeiras.

Ao total, verifica-se que áreas suscetíveis a escorregamentos, onde o risco é nulo, perfazem 24,80% da área de estudo, pois estão localizadas principalmente na planície de inundação do rio Forquilhas, sendo o local em que a população está instalada em maioria, com 5.814 residências e uma estimativa de 20.349 pessoas.

Os locais que apresentam suscetibilidade baixa e moderada totalizam 13,21% e 21,26% da área de estudo, possuindo 2.833 e 3.691 residências respectivamente, onde a estimativa é que residam 9.915 pessoas nas áreas de suscetibilidade baixa e 12.918 nas áreas de suscetibilidade moderada.

A classe de suscetibilidade alta engloba a maior parte da área de estudo, com 33,84%, abrangendo 1.118 residências e estimando-se que 3.913 pessoas estão instaladas nesse local. Finalmente, a classe muito alta totaliza apenas 6,84%, não possuindo nenhuma residência, principalmente pela limitação física, que dificulta a instalação das moradias. De um total de 27.227 residentes na bacia do rio Forquilhas, 49,42% estão instalados nas áreas suscetíveis a escorregamentos.

Ocorreram 44 desastres na bacia do rio Forquilhas durante o período de 1980 a 2008, sendo que os escorregamentos totalizaram 11 episódios. De acordo com os registros disponíveis na Defesa Civil, houve 7 mortes causadas pelos escorregamentos e 6 desabrigados no período estudado, e o número total de desabrigados e mortos pelos escorregamentos associados com as inundações foram de 4.279 e 2 respectivamente.

Os episódios pluviais intensos que originaram os escorregamentos ocorreram em maioria devido à passagem de frentes frias e sistemas de baixa pressão e frontais associados com a presença de vórtices ciclônicos. Na área de estudo os

episódios de escorregamentos ocorreram com maior frequência no verão, principalmente nos meses de fevereiro, com 4 ocorrências, e janeiro, com 3 ocorrências, totalizando mais uma ocorrência nos meses de julho, agosto, outubro e novembro.

Com essas análises, conclui-se que a bacia do rio Forquilhas é altamente suscetível à ocorrência de escorregamentos, principalmente pela interferência da população que se instala nessas áreas perigosas, reforçando as recomendações de que o local de estudo necessita de orientação quanto à tomada de medidas, principalmente de fiscalização e restrição à expansão urbana de forma mal planejada, tanto nas áreas de planície junto às margens fluviais, quanto nas áreas de encostas, conforme observar-se nas figuras 6.38 (A e B).



**Figura 6.38:** A) Ocupações inadequadas nas encostas, bairro Forquilha. B) Vista parcial da urbanização localizada na planície de inundação do rio Forquilha.

**Autor:** Francielle da Silva Cardozo, dia 03/04/09.

Deste modo, evidenciam-se na área de estudo muitos fatores condicionantes para a ocorrência de movimentos de massa, principalmente em locais que possuem a combinação de altas declividades, encostas retilíneas e a presença de rochas gnáissicas, graníticas e migmatíticas. Além dos condicionantes naturais, destaca-se a interferência antrópica, que favorecem a instabilização do terreno por meio dos desmatamentos e ocupações inadequadas nas encostas, como mostra a figura 6.39 (A, B, C e D).



**Figura 6.39:** A, B, C e D) Ocupações inadequadas em vários locais das encostas do bairro Forquilha.

**Autor:** Francielle da Silva Cardozo, dia 25/05/09.

As ocupações, mesmo que estejam localizadas na baixa encosta da área de estudo, devem ser evitadas para a instalação das residências, pois são locais que apresentam suscetibilidade alta e muito alta a escorregamentos, principalmente pela existência de cortes realizados sem critérios para a instalação de moradias, e também por essas residências estarem inseridas em locais que possuem declividades altas e estarem localizadas em áreas próximas de encostas côncavas e retilíneas, onde o relevo exige grandes alterações no ambiente, dificultando as instalações urbanas. Estes fatores agravam ainda mais a situação de perigo, porque facilitam a instabilização das encostas e, conseqüentemente, a ocorrência dos movimentos de massa.

A intervenção humana pode ser considerada como o maior agente modificador da dinâmica das encostas, onde a ocupação produz ações como a remoção da cobertura vegetal; o lançamento e a concentração das águas pluviais;



vazamento na rede de abastecimento, esgoto e presença de fossas; modificação do padrão de drenagem pelo despejo de lixo ou pela construção de moradias em calhas naturais; execução ineficiente de aterros e construção em altura e inclinação inadequada (BONUCCELLI, 1995) , como podem ser visualizados na figura 6.40 (A, B e C), fatores que provocam a instabilização das encostas, e por consequência aumentam a probabilidade da ocorrência de escorregamentos.



**Figura 6.40:** A, B e C) Detalhe das ocupações localizadas nas encostas do bairro Forquilha.

**Autor:** Francielle da Silva Cardozo, dia 25/05/09.

Os cortes feitos em encostas que possuem manto de alteração espesso, como é o caso da área de estudo, merecem destaque, visto que a suscetibilidade do material deslizar é muito alta. Outro problema se trata da questão do lixo jogados em locais inadequados, como ocorre em vários setores da área de estudo, pois a elevada quantidade acumulada de entulhos poderia constituir um grande perigo para a população caso se desestabilizasse durante episódios pluviais intensos.

Portanto, a ocupação em áreas suscetíveis a escorregamentos condiciona a ocorrência de acidentes nas encostas da bacia do rio Forquilhas, no qual o mapeamento dessas áreas se faz necessário, pois constitui importante documento para medidas preventivas mitigadoras e para utilização pelos órgãos públicos e moradores da área de estudo.

Sendo assim, ressalta-se a necessidade de serem tomadas medidas de ações corretivas, como o melhoramento e orientação das ocupações humanas instaladas, e principalmente preventivas por parte dos órgãos públicos competentes, como a contenção da expansão urbana e a fiscalização do uso e ocupação da terra, tanto para as ocupações de baixo como de alto padrão construtivo, sendo necessário um planejamento urbano que possibilite direcionar as novas ocupações para locais adequados, que não apresentem riscos à população.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bacia do rio Forquilhas é caracterizada por possuir uma ampla área de planície sujeita a inundações e alagamentos e circundada por relevos íngremes com altas declividades sujeitos a escorregamentos. As áreas de planície são as que se encontram mais densamente urbanizadas. As modificações causadas nas planícies pela interferência antrópica contribuem para a ocorrência de inundações e alagamentos durante os períodos chuvosos, ocorrendo principalmente devido a fatores como a impermeabilização do solo através das construções de mais residências e asfaltos; da canalização e retilinização dos canais fluviais; das ocupações de margens dos cursos d'água e do lançamento de lixos, esgotos e águas servidas diretamente sobre as drenagens.

Nas encostas, as modificações mais frequentes que favorecem a instabilização dos terrenos e, conseqüentemente os escorregamentos, são os desmatamentos, os cortes de terra para construção de estradas e residências, a abertura de valas para escoamento das águas e a própria instalação sem um planejamento e obras de contenção adequadas das residências em encostas com declividades altas e manto de alteração espesso.

As inundações e os alagamentos são frequentes na bacia do rio Forquilhas, principalmente nos bairros Picadas do Sul, Flor de Nápoles, Forquilha e Potecas, afetando principalmente as residências localizadas à margem do rio Forquilhas, nas cotas de 1 a 3 metros, no qual as águas atingem até 3 metros de altura. A área inundável total é de 5,52 Km<sup>2</sup>, onde 1.576 domicílios permanentes e 5.515 habitantes estão inseridos em áreas suscetíveis a inundações, representando 17,67% e 20,25% do total da área inundável. Durante o período de 1980 a 2008 ocorreram 33 episódios de inundações na bacia do rio Forquilhas, desabrigando 10.998 pessoas e matando 4, alguns casos associados com os escorregamentos.

Os locais mais suscetíveis a ocorrência de escorregamentos se encontram nos trechos das médias e altas encostas do alto vale, inseridos no modelado de dissecação em outeiro e montanhas, possuindo a presença de rochas gnáissicas, graníticas e migmatíticas. Porém, as áreas suscetíveis a escorregamentos também se encontram nas áreas urbanizadas do baixo e médio vale, inseridas nas baixas

encostas, principalmente por possuírem manto de alteração espesso e declividades altas, presentes principalmente nos morros do bairro Forquilha. Estima-se que há 7.642 residências e 26.746 pessoas localizadas nessas áreas, perfazendo 49,42% da população total. Durante o período de 1980 a 2008 ocorreram 11 episódios de escorregamentos na bacia do rio Forquilha, sendo que em associação com as inundações, 4.285 pessoas ficaram desabrigadas e 9 morreram, onde 7 dessas mortes ocorreram apenas por causa dos escorregamentos em uma encosta da localidade Jardim das Palmeiras, no bairro Forquilha.

Merece destaque o fato de que os mapas gerados neste trabalho mostram o diagnóstico atual da área de estudo. As áreas que possuem suscetibilidade baixa e moderada também podem desenvolver instabilidades devido à intervenção do homem no ambiente, principalmente através da realização de cortes, aterros e construções precárias. Saliencia-se também que as áreas da baixa encosta, que possuem suscetibilidade baixa a escorregamento e declividades mais suaves, também podem se tornar instáveis quando são realizados cortes sem os devidos critérios técnicos de construção.

Também merece destaque o uso do geoprocessamento como ferramenta imprescindível no desenvolvimento deste trabalho. Apesar do grande tempo dedicado à correção e elaboração da base cartográfica e dos mapas temáticos, a utilização de um sistema de informação geográficas permite ao usuário a rápida atualização do banco de dados.

A elaboração dos mapas finais de suscetibilidade a inundações e escorregamentos constituem-se em um importante instrumento a ser empregado em futuros trabalhos de prevenção e intervenção na bacia do rio Forquilha. Sabe-se das inúmeras ressalvas feitas ao método heurístico, que usa a atribuição de pesos e posterior cruzamento de mapas temáticos, porém, devido a algumas limitações encontradas no decorrer da pesquisa, principalmente dado ao reduzido prazo previsto para o término desta dissertação, este é um modelo cujos resultados esperados se mostram precisos, conforme já demonstrados nos trabalhos de Dias (2000), Cristo (2002), Saito (2004) e Vieira (2007).

A partir da análise dos aspectos físicos e humanos que geraram os resultados desta pesquisa, pode-se observar a existência de vários fatores condicionantes que demonstram a suscetibilidade a inundações e escorregamentos na área de estudo.

Considerando a intensa ocupação urbana nas áreas de planície e nas encostas declivosas, faz-se necessário a realização de trabalhos preventivos para a instalação dessas residências, já que a prevenção é bem menos onerosa aos cofres públicos do que as medidas corretivas ou de eliminação do problema já instalado. O Poder Público precisa criar meios de garantir as condições básicas de infraestrutura e segurança à população residente em situação de perigo, evitando perdas materiais e de vidas humanas.

Faz-se necessário a adoção de algumas medidas com o intuito de melhorar as condições ambientais e amenizar os problemas dos bairros inseridos nas áreas suscetíveis a inundações e escorregamentos da bacia do rio Forquilhas, portanto, pode-se considerar as seguintes recomendações:

- Fiscalização do uso da terra por parte dos Órgãos Públicos com o intuito de conter a expansão urbana sobre os locais com alta suscetibilidade a inundações e escorregamentos, evitando o surgimento de novos adensamentos populacionais em áreas inadequadas;
- Adoção de procedimentos pelos Órgãos Públicos do município, direcionando as novas ocupações residenciais e principalmente novos loteamentos para as áreas que não possuem condicionantes físicas à ocorrência de inundações e escorregamentos, conforme indicado nos mapas 8 e 9;
- Contenção da expansão urbana, tanto nas áreas de baixa e média encosta, que devido à declividade acentuada, apresentam suscetibilidade alta a escorregamentos, quanto nas áreas de planície junto às margens dos rios e canais, sujeitas às inundações;
- Contenção de novas pavimentações e impermeabilizações próximas às drenagens, tanto na planície quanto nas encostas, visando na melhoria da capacidade de infiltração da água superficial, conseqüentemente diminuindo o volume de água que chega diretamente aos rios e canais;



- Manutenção e limpeza constante das valas e bueiros e realização de campanhas de conscientização nos moradores locais sobre a importância da colocação do lixo em locais adequados como medida de prevenção das inundações e dos alagamentos;
- Recuperação e manutenção da mata ciliar nas margens dos rios, que atuam na retenção e infiltração do escoamento superficial da água pluvial, evitando as inundações e os alagamentos nas áreas baixas, e recuperação e manutenção da vegetação nas áreas de encostas, que auxiliam na proteção e estabilização dos terrenos, evitando os movimentos de massa e os processos erosivos;
- Conscientização da população por meio de programas e campanhas de educação ambiental sobre a importância das práticas corretas do uso e ocupação da terra e conscientização sobre serem respeitadas as Áreas de Preservação Permanente, previstas no Plano Diretor, principalmente nas áreas de nascentes dos cursos d'água;
- Elaboração de futuras pesquisas pontuais, com sondagens do manto de alteração, coleta e análise de solos e rochas em laboratório, testes de permeabilidade e resistência do solo, com amostragens dos locais mapeados como de suscetibilidade alta e muito alta a escorregamentos, para avaliar a intensidade do problema;
- Criação de bancos de dados com atualizações frequentes de informações e registros de desastres e eventos naturais que venham atingir o município de São José, funções já desenvolvidas pelo Grupo de Estudo de Desastres Naturais (GEDN) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), sistematizados de maneira a facilitar o acesso e o entendimento dos pesquisadores e Órgãos Públicos de Planejamento e da Defesa Civil;
- Redução da vulnerabilidade da população através de melhorias urbanas, como obras de contenção de encostas e sistema eficiente de escoamento de águas pluviais e esgotos;

- Elaboração de Plano Emergencial juntamente com a Defesa Civil na eventualidade da ocorrência de desastres de maiores proporções, o qual envolveria a transferência das pessoas em situação de perigo para locais adequados.

Espera-se que os resultados obtidos possam auxiliar o Plano Diretor do município de São José e oferecer estratégias por parte da Defesa Civil e Prefeitura Municipal, no que concerne ao atendimento às pessoas afetadas, especialmente nas áreas que possuem suscetibilidade alta e muito alta a inundações e escorregamentos.

### **7.1 Recomendações para Trabalhos Futuros**

Recomenda-se que em futuros trabalhos sobre a temática das áreas de risco na bacia do rio Forquilhas sejam realizados outros aprofundamentos como:

- O mapa de formação superficial, que é de fundamental importância no conhecimento das camadas do solo e de alteração, auxiliando no melhor conhecimento sobre a suscetibilidade do local, pois infelizmente não foram encontrados cortes significativos para a elaboração do mesmo;
- Trabalhar com a vulnerabilidade, que incluem as informações do meio físico em conjunto com as condições de instalações e infraestruturas humanas, quantificando e prevendo as perdas econômicas e sociais, gerando ao final um mapa em detalhe das áreas de risco da bacia do rio Forquilhas.

## REFERÊNCIAS

- ALCANTARA-AYALA, I. Geomorphology, Natural Hazards, Vulnerability and Prevention of Natural Disasters in Developing Countries. **Geomorphology**, 1167, 2002, 18 p.
- ALHEIROS, M. M.; BITOUN, J; SOUZA, M. A. A.; MEDEIROS, S. M. G. M; AMORIM Jr., W. 2003. **Manual de ocupação dos Morros da Região Metropolitana de Recife**. Recife, 2003.
- Atlas Climatológico do Estado de Santa Catarina [CD-ROM]. Florianópolis: EPAGRI, 2002.
- Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil [CD-ROM]. 2000
- AUGUSTO FILHO, O. **Cartas de Risco de Escorregamentos: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Ilha bela, SP**. São Paulo: Dissertação de Mestrado em Engenharia, Universidade de São Paulo - USP, 1994. 168 p.
- \_\_\_\_\_. Riscos Geológicos: Aspectos Conceituais. *In*: I Simpósio Latino-Americano sobre Risco Geológico Urbano. São Paulo: **Anais**. Associação Brasileira de Geologia e Engenharia - ABGE, 1990. 519p.
- BIGARELLA, J. J. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. Florianópolis: V. III, Editora da UFSC, 2003. P. 887 – 1436.
- BIRKMANN, J. Measuring Vulnerability. Expert Workshop in Kobe, Japan. UNU – EHS, Working Paper No. 1. 2006.
- BONUCCELLI, T. **Movimentos de Massa em Áreas Urbanas. Revisão**. São Carlos: EESC/USP - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, Departamento de Geotecnia, 1995. 60p.
- BRASIL, **Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas – Manual Operativo, Ministério da Agricultura**, Comissão Nacional de Coordenação do PNMH, Brasília, 1987, 60p.
- BRÜSEKE, F. J. **A técnica e os riscos da modernidade**. Florianópolis: EdUFSC, 2001. 216 p.
- BUENO, L. S. **Zoneamento Territorial para Fins do Uso e Ocupação do Solo Visando a Elaboração e Atualização de Planos Diretores**. Tese de Doutorado, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. 2003. 118 f.
- BUSS, M. D.; SCHEIBE, L. F.; FURTADO, S. M. A. **São Pedro de Alcântara: Paisagem e Rupturas**. Revista Geosul, Florianópolis: Ed. da UFSC, v.17, n° 34, p. 155-181, jul./dez. 2002.

CÂMARA, G. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Escola de Computação. SBC. 1996.

CAMPBELL, J. B. **Introduction to Remote Sensing**. 2 ed., GUILFORD, New York, London, 1996.

CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. (org.) Brasil. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007

CASTRO, A. L. C. (org.). **Manual de Desastres Naturais**. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento, Secretaria Especial de Políticas Regionais, Departamento Nacional de Defesa Civil, vol. 1, Imprensa Nacional, 1996. 182 p.

\_\_\_\_\_. **Glossário de defesa civil: estudo de riscos e medicina de desastres**. Brasília: MPO/ Departamento de Defesa Civil, 1998. 283 p.

\_\_\_\_\_. (org.). **Política Nacional de Defesa Civil - PNDC**. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento, 1997. 94p.

\_\_\_\_\_. **Manual de Desastres: desastres naturais**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003. 174 p.

CASTRO, C. M.; PEIXOTO, M. N. O.; RIO, G. A. P. **Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas**. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ - Vol. 28 - 2 / 2005, p. 11-30.

CASTRO, J. F. M. A importância da cartografia nos estudos de bacias hidrográficas. In: XXX Semana de Estudos Geográficos “O Homem e as Águas”, *Minicurso*, CAEGE/IGCE/UNESP, 2000.

CERRI, L. E. S. 1993. **Riscos Geológicos Associados a Escorregamentos: uma Proposta para Prevenção de Acidentes**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 1993. 197 f.

CHARDON, A. N. A Geographic Approach of the Global Vulnerability in Urban Area: Case of Study Manizales, Colombian Andes. **GeoJournal** 49: 197-212, 1999.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**, São Paulo, Ed. Edgard Blucher Ltda., 2a. Edição, 1980.

COELHO NETO, A. B. **Projeto Gerenciamento Costeiro, 2ª Fase; Síntese Temática - Vegetação**. Florianópolis, IBGE/DIGEO-SUL, 1995.

CORRÊA, C. H. P. **História de Florianópolis – Ilustrada**. Florianópolis: Insular, 2004

CRISTO, S. S. V. **Análise de Susceptibilidade a Riscos Naturais Relacionados às Enchentes e Deslizamentos do Setor Leste da Bacia Hidrográfica do Rio Itacorubi, Florianópolis-SC.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina. 2002. 195 f.

COSTA, L. S. **Desenvolvimento de uma Metodologia para Auxílio à Decisão em Zoneamento de Unidades de Conservação: Aplicação ao Parque Florestal do Rio Vermelho.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. 2003. 118 f.

CROSS, J. A. Megacities and Small Towns: Different Perspectives on Hazard Vulnerability. **Environmental Hazards** 3 (2001), 63-80.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. 458p.

CUNHA, S. B., GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental (Cap. 7). In: Guerra A. J. T. e Cunha S. B. (org.) **Geomorfologia e Meio Ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 337-379, 1996.

CUNHA, M. A. (Coord.). **Manual de Ocupações de Encostas.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – IPT, 1991. 216 p.

da MATA, J. D. V. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999.

DAI, F. C.; LEE, C.F.; NGAI, Y.Y. Landslide risk assesment and management: an overview. **Engineering Geology**, n<sup>o</sup> 64, 2002, p. 65-87.

DIAS, F. P. **Análise da susceptibilidade a deslizamentos no bairro Saco Grande, Florianópolis - SC.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina. 2000. 103 f.

DIAS, F. P.; HERRMANN, M. L de P. Susceptibilidade a deslizamentos: estudo de caso no bairro Saco Grande, Florianópolis – SC. IN: **Caminhos de Geografia** – Revista On Line do Programa de Pós-Graduação em Geografia 3(6), jun/2002, p. 57-73.

DE LEÓN, J. C. V. **Vulnerability. A Conceptual and Methodological Review.** SOURCE, Studies of the University: Research, Counsel, Education – Publication Series of UNU – EHS. N. 4, 2006

DEGG, M. Natural Disasters: Recent Trends and Future Prospects. Journal of the Geographical Association. **Geography**, vol. 77, part 3, 1992, p. 199-209.

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO - PREVISÕES DE MARÉS. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/infotmares2009.htm>>. Acesso em: 25 jun. 2009.

EM-DAT. **The OFDA/CRED International Disaster Database**. Disponível em: <<http://www.em-dat.net/>>. Acesso em: 25 mai. 2008.

EPAGRI/CIRAM. Boletim de Monitoramento Climático Mensal e Diário. Epagri/Ciram (março de 2000).

\_\_\_\_\_ Boletim de Monitoramento Climático Mensal e Diário. Epagri/Ciram (fevereiro de 2001).

\_\_\_\_\_ Boletim de Monitoramento Climático Mensal e Diário. Epagri/Ciram (setembro de 2001).

\_\_\_\_\_ Boletim de Monitoramento Climático Mensal e Diário. Epagri/Ciram (outubro de 2001).

\_\_\_\_\_ Boletim de Monitoramento Climático Mensal e Diário. Epagri/Ciram (janeiro de 2004).

\_\_\_\_\_ Boletim de Monitoramento Climático Mensal e Diário. Epagri/Ciram (fevereiro de 2004).

\_\_\_\_\_ Boletim de Monitoramento Climático Mensal e Diário. Epagri/Ciram (dezembro de 2004).

\_\_\_\_\_ Boletim de Monitoramento Climático Mensal e Diário. Epagri/Ciram (agosto de 2005).

\_\_\_\_\_ Boletim de Monitoramento Climático Mensal e Diário. Epagri/Ciram (janeiro de 2008).

\_\_\_\_\_ Boletim de Monitoramento Climático Mensal e Diário. Epagri/Ciram (novembro de 2008).

ESPÍRITO SANTO, S. M. **Evolução da Ocupação do Solo nos Manguezais do Município de Palhoça Utilizando Técnicas de Sensoriamento Remoto**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. 2004. 69 f.

FARIAS, V. F. **São José 250 anos: natureza, história e cultura para o ensino fundamental**. São José: ed. do autor, 1999.

FERNANDES, N. F. e AMARAL, C. P. do. Movimentos de Massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. *In: Geomorfologia e Meio Ambiente*. GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. da. (org.) Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p 123 – 194.

FERNANDES, N. F.; GUIMARÃES, R. F., GOMES, R. A. T.; VIEIRA, B. C.; MONTGOMERY, D. R. E GREENBERG, H. Condicionantes Geomorfológicos dos deslizamentos nas encostas: avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, vol. 2, nº 1, 2001, p. 51-71.

FERREIRA, R. C. S. **Bacia do Rio Maruim: Transformações e Impactos Ambientais**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina. 1994. 153f.

FLORENZANO, T. G. (org). **Geomorfologia. Conceitos e Tecnologias Atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008, 318 p.

FONSECA, L. M. G. **Processamento Digital de Imagens**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE [CD-ROM]. São José dos Campos, SP, 2000.

FRANZONI, A. M. B. **Avaliação do Meio Físico para Fins de Planejamento Geoambiental no Traçado e Manutenção de Rede Viária: Ilha de Santa Catarina – SC**. Tese de Doutorado, UNESP, Rio Claro. 2000.

GOYA, Y. **Análise da Evolução da Paisagem Urbana Utilizando Técnicas de Sensoriamento Remoto - São José**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. 1999. 88f.

GRIMM, A. M.; FERRAZ, S. E. T.; GOMES, J. Precipitation anomalies in southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v. 11, p. 2863-2880, 1998.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997. 648p.

GUIDICINI, G. e NIEBLE, C. M. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação**. São Paulo: 2ª ed, Edgard Blücher, 1984. 195 p.

HARO, Martins Afonso Palma de. (org.). **Ilha de Santa Catarina: relato dos viajantes estrangeiros nos séculos XVIII e XIX**. Florianópolis: UFSC, Lunardelli, 1996.

HERRMANN, M. L. de P.; ROSA, R. O. **Geomorfologia. Mapeamento Temático do Município de Florianópolis**. Florianópolis, IPUF, IBGE, 1991. 17p.

HERRMANN, M. L. P.; MENDONÇA, M.; CAMPOS, N. J. **São José: Avaliação das Enchentes e Deslizamentos Ocorridos em Novembro de 1991 e Fevereiro de 1994**. Revista Geosul, Florianópolis: Ed. da UFSC, n° 16, ano VIII, 2º semestre. 1994.

HERRMANN, M. L. P. **Problemas Geoambientais na Faixa Central do Litoral Catarinense**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo. 1999.

\_\_\_\_\_. **Levantamento dos Desastres Naturais causados pelas Adversidades Climáticas no estado de Santa Catarina. Período de 1980 a 2000**. Florianópolis: IOESC, 1ª ed. 2000. 94 p.

HERRMANN, M. L. P.; MARCELINO, E. V.; ZABOT, C.; MARTINS, N.; LISBOA, T. H. C.; OLIVEIRA, I. P. V.; MEDEIROS, J.; MORENA, M. Alturas das Enchentes na Planície Aluvial do Rio Forquilha e suas Consequências nos Bairros de Flor de Nápoles, Jardim Pinheiros e Forquilha no Município de São José - SC. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2000, Campinas. II Simpósio de Geomorfologia: o relevo, a água e o homem, 2000.

HERRMANN, M. L. P. (org). **Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: IOESC, 2005, 146 p.

HERRMANN, M. L. P.; KOBAYAMA, M.; MARCELINO, E. V. Inundação Gradual. In: HERRMANN, M. L. P. (org). **Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: IOESC, 2005, 146 p.

HERRMANN, M. L. P.; PELLERIN, J. R. G. M.; SAITO, S. M. Escorregamento. In: HERRMANN, M. L. P. (org). **Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: IOESC, 2005, 146 p.

HERRMANN, M. L. P.; CARDOZO, F. S. As Inundações no Município de São José-SC e suas Consequências nos Bairros Flor de Nápoles, Jardim Pinheiros e Forquilha na Bacia do Rio Forquilha. In: VII Simpósio Nacional de Geomorfologia - II Encontro Latino-Americano de Geomorfologia, 2008, Belo Horizonte - MG. Anais do VII Simpósio Nacional de Geomorfologia - II Encontro Latino-Americano de Geomorfologia, 2008.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ. Disponível em: <<http://pmsj.sc.gov.br/>>. Acesso em: 07 mai. 2008.

IBGE. **Enciclopédia dos Municípios Brasileiros**. Rio de Janeiro: [s.n.], 1957- v.

\_\_\_\_\_. **Pedologia**. Levantamento de Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos. Rio de Janeiro, 2004.

ICSU – International Council for Science. Report to ICSU General Assembly. Scoping Group on Natural and Human-Induced Environmental Hazards. **Suzhou**: October, 2005.

INAZAWA, E. E. **Modelagem numérica da interação entre correntes de Jato Subtropical e sistemas frontais em baixos níveis nas regiões Sul e Sudeste do Brasil**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, Universidade de São Paulo. 1997.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Divisão de Geração de Imagens – DGI**. Disponível em: <[www.dgi.inpe.br](http://www.dgi.inpe.br)>. Acesso em: 16 abr. 2008.

IPIUF-Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis. **Estudos Ambientais da Grande Florianópolis**, 1997.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Ocupação de Encostas**. São Paulo: SP, 1991. p. 69 – 93.



KARNAUKHOVA, E. **A Intensidade de Transformação Antrópica da Paisagem como um Indicador para a Análise e a Gestão Ambiental. Ensaio Metodológico na Área da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita, Município de Siderópolis, SC).** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. 2000. 222 f.

KLEIN, R. M. **Mapa Fitogeográfico do Estado de Santa Catarina.** Florianópolis: UFSC, 1978.

KOBIYAMA, M. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos.** Curitiba: Organic Trading Editora, 2006. 109p.

LAGO, P. F. **Florianópolis: a Polêmica Urbana.** Florianópolis> Fundação Franklim Cascaes, 1996. 312 p.

LORANDI, R., PEDRO, F.G. **Potencial Natural de Erosão na Área Periurbana de São Carlos - SP.** Revista Brasileira de Cartografia, N° 56/01, 2004.

LUIZ, E. L. **Estudo dos Movimentos de Massa na bacia do rio Inferninho e sua Influência na Evolução das Vertentes - Sorocaba de Dentro (Biguaçu-SC).** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina. 1996. 125 f.

MARCELINO E. V.; FORMAGIO, A. R. Análise comparativa entre métodos heurísticos de mapeamento de áreas suscetíveis a escorregamento. IN: **Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais**, 1., 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis: GEDN/ UFSC, 2004. p. 392 - 407. (CD-ROM)

MARCELINO, E. V.; RUDORFF, F. M.; GOERL, R. F.; MARCELINO, I. P. V. O.; FOSSATI, E. G. Cyclone Catarina: Intensity Map and Preliminary Damage Assessment. In: **Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais**, 1., 2004, Florianópolis. **Anais....** Florianópolis: GEDN – UFSC, 2004. p. 734-748. (CD-ROM)

MARCELINO, E. V.; GOERL, R. F. Inundação Brusca. In: HERRMANN, M. L. P. (org). **Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina.** Florianópolis: IOESC, 2005, 146 p.

MILES, V. O. **Diagnóstico da Ocupação Urbana e Degradação Ambiental em Canasvieiras: Apontamentos para a Promoção do Desenvolvimento Sustentável.** Dissertação de Mestrado), Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. 2005. 166 f

MITCHELL, J. K. Megacities and Natural Disasters: a Comparative Analysis. **GeoJournal** 49: 137-142, 1999.

MONTEIRO, C. A. F. – **Circulação atmosférica e os tipos de tempo.** In: Atlas de Santa Catarina, Departamento Estadual de Geografia e Cartografia, Florianópolis, 1958.

\_\_\_\_\_. **Clima. Grande Região Sul.** IBGE (org.). Rio de Janeiro: Fundação IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 1968.

MONTEIRO, M. A.; FURTADO, S. M. A. O clima do trecho Florianópolis – Porto Alegre: uma abordagem dinâmica. **Geosul**, v. 10, n. 19/20, p. 117-133, 1995.

MONTEIRO, M. A. Caracterização climática do Estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Geosul**, v. 16, n. 31, p. 69-78, jan./jun. 2001.

MONTEIRO, M. A.; MENDONÇA, M. Dinâmica Atmosférica no Estado de Santa Catarina. In: HERRMANN, M. L. P. (org). Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina. Florianópolis: IOESC, 2005, 146 p.

MOURA, A.C.M.; Rocha, C.H.B. **Desmistificando os aplicativos MicroStation: guia prático para usuários de geoprocessamento.** Petrópolis, 2001.

NETTO, A. L. C. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: Guerra A. J. T., Cunha, S. B. (org.). **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**, Rio de Janeiro : Bertrand Brasil, p. 93-148, 1994.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 1979, 422p. Met. Soc. 1982, 108, 1 – 24.

NOVO, E. M. L. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações.** 2 ed., Edgard Blucher, São Paulo, 1989.

OLIVEIRA, A. S. **Interações entre sistemas frontais na América do Sul e a convecção da Amazônia.** Dissertação de Mestrado em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1986. 134 p.

OLIVEIRA, F. A., MELLO, E. L., PAIVA, E. C. R., CALIJURI, M. L., GUIMARÃES, A. O. **Identificação e Discriminação de Áreas de Risco no Entorno Urbano de Ipatinga, Brasil.** Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Vol. 7(1), 2006.

PALACIOS, J. L.; CHUQUISENGO, O.; FERRADAS, P. **Gestão de Riscos nos Governos Locais.** Lima: Soluciones Práticas – ITDG, 2005.

PEDROSA, A. S. Consequências de Situações Meteorológicas Anormais. Revista da Faculdade de Letras – **Geografia.** Série I, Vol. VII. Porto, 1991, p. 41-55.

PELUSO Jr., V. A. **Estudos de Geografia Urbana de Santa Catarina.** Florianópolis: Ed. da UFSC, 1991.

PELLING, M.; UITTO, J. I. **Small Island Developing States: Natural Disaster Vulnerability and Global Change.** Environmental Hazards 3, 2001. p. 49 – 62.

PHILANDER, S. G. **El Niño, La Niña and the Southern Oscillation**. San Diego: Academic Press, 1990.

PIRES, J. L. **O Planejamento das Atividades de Mineração para a Área Conurbada de Florianópolis**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina. 2000. 150 f.

PIRES, J. L.; COITINHO, J. B. L.; FREIRE, F. A.; FERNANDES, E. **Projeto Gerenciamento Costeiro, 2ª Fase; Síntese Temática - Geologia**. Florianópolis, IBGE/DIGEO-SUL, 1995.

REBELO, F. **Riscos Naturais. Problemática da sua Definição e Adaptação aos Principais Elementos da Teoria do Risco**. Análise e Gestão de Riscos, Segurança e Fiabilidade. Edições Salamandra, Lisboa, 2005. p. 301 – 316.

ROCHA, A. A. L. **Avaliação da Ocupação Urbana da Bacia Hidrográfica do Pântano do Sul da Ilha de Santa Catarina usando Técnicas de Geoprocessamento**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. 2003. 66 f.

ROCHA, J. S. M. da. **Manual de Projetos Ambientais**. Santa Maria: UFSM, Universidade Federal de Santa Maria, Imprensa Universitária, 1997. 446p.

RODRIGUES, M. **Introdução ao Geoprocessamento**. 1º Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento. Escola Politécnica da USP, Campinas, 1990.

RODRIGUES, M. L. G. **Uma climatologia de frentes frias no litoral de catarinense com dados de reanálise do NCEP**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. 2003. 75 p.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 3.ed. Uberlândia: Edefu, 1995. 117p.

ROSA, R. O. **Projeto Gerenciamento Costeiro, 2ª Fase; Síntese Temática - Geomorfologia**. Florianópolis, IBGE/DIGEO-SUL, 1995.

ROSA, R.; BRITO, J. L. S. **Introdução ao Geoprocessamento: Sistemas de Informação Geográfica**. Uberlândia, 1996. 104p.

SAITO, S. **Estudo Analítico da Suscetibilidade a Escorregamentos e quedas de Blocos no Maciço Central de Florianópolis – SC**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina. 2004. 132 f.

SANTA CATARINA. SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE. **Bacias hidrográficas do Estado de Santa Catarina: diagnóstico geral**. Florianópolis: Instituto CEPAS/SC, 1997. 1 CD-ROM

SANTOS, L. M. **Informações Sobre Áreas de Risco Geotécnico e Pluviométrico com Contribuição ao Planejamento Urbano**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. 2001. 145 f.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: Teoria e Prática**, São Paulo/SP, Ed. Oficina de Textos, 2004.

SELBY, M. J. **Hillslope Materials e Process**. Oxford: *Oxford University Press*, 1990.

SHIMIZU, S. H.; VIEIRA, P. C.; MOSER, J. M.. **Projeto Gerenciamento Costeiro, 2ª Fase**; Síntese Temática – Levantamento de Reconhecimento de Alta Intensidade de Solos. Florianópolis, IBGE/DIGEO-SUL, 1995.

SILVA DIAS, P.; MARENGO, J. Águas atmosféricas. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA JUNIOR, B.; TUNDIZI, J. G. **Águas doces no Brasil** - capital ecológico, usos múltiplos, exploração racional e conservação. São Paulo: Escrituras Editora, 2002. P 65-116.

SIMONI, F. **Mapa Temático Aplicado à Análise Ambiental de Bacia Hidrográfica**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. 2005. 113 f.

SOUZA, C. M. M. **Avaliação Ambiental Estratégica como Subsídio para o Planejamento Urbano**. Tese de Doutorado, Programa de Pós Graduação Interdisciplinar em Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina. 2003. 322 f.

SOUZA, C. R. G. Riscos a inundações, enchentes e alagamentos em regiões costeiras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. P. 233. (CD-ROM)

SOUZA, M. I. **Perigos Geoambientais nos Bairros Forquilha, Flor de Nápoles e Picadas do Sul – São José / SC**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, Universidade do Estado de Santa Catarina. 2006.

SPRING/INPE: **Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling** Câmara G, Souza RCM, Freitas UM, Garrido J Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

STRAHLER, Arthur N. **Introduction to Physical Geography**. New York: John Wiley e Sons, 1965.

SUERTEGARAY, D. M. A. **Ambiente e Lugar no Urbano. A Grande Porto Alegre**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000. 61p.

TUCCI, C. E. M. org. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1997. 943p.

TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A.; GOLDENFUM, J.; GERMANO, A. Brasil. In: TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: ABRH, 2003. p. 275-324.

THYWISSEN, K. Components of Risk, a Comparative Glossary. SOURCE, Studies of the University: Research, Counsel, Education – Publication Series of UNU – EHS. N. 2, 2006

UITTO, J. I. The geography of Disasters Vulnerability in Megacities. **Applied Geography**, Vol. 18, No. 1, p. 7-16, 1998.

UVO, C. B. **Influence of Sea Surface Temperature on rainfall and runoff in Northeastern South America**: analysis and modeling. 1998. 199 p. Thesis (PhD in Engineering) – Lund Institute of Technology, Lund University, Lund, Sweden, 1998. 78 p. (Report nº 1021).

VAIDYA, O. S.; KUMAR, S. **Analytic hierarchy process: An overview of applications**. European Journal of Operational Research, 2004. P. 1 – 29.

VALDATI, J. **Riscos e Desastres Naturais: a Área de Risco de Inundação na Sub-Bacia do Rio da Pedra – Jacinto Machado / SC**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina. 2000. 145 f.

VALENTE, A. L. S. Uma Metodologia para determinação de Áreas de Risco, através de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. In: **Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Salvador, Brasil, 14-19 abril 1996, INPE, p. 417-420.

VALÉRIO FILHO, M., SERAFIM, C. R., PEREIRA, M. N., ALVES, M. **Análise Temporal do Crescimento Urbano em Áreas de Risco à Erosão com o Suporte das Geotecnologias**. In: Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 3927-3933.

VIEIRA, M. I.; KAZMIERCZAK, M. L.; MALTA, F. J. N. C. Proposta metodológica para identificação de áreas de risco de movimentos de massa em áreas de ocupação urbana. Estudo de caso: Cams do Jordão, SP. In: **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 3935-3942.

VIEIRA, S. F. **Análise e Mapeamento das Áreas Suscetíveis a Movimentos de Massa no Setor Central da Serra da Esperança, na Divisa entre os Municípios de Guarapuava e Prudentópolis – PR**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina. 2008. 211 f.

VILLELA, M. V.; MATTOS, A. Bacia Hidrográfica. In: **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, p. 12-17, 1975.

VEADO, R. W. ad-V., PRUDÊNCIO, R. S., GEREMIAS, R. **O ritmo climático no litoral do Estado de Santa Catarina.** Florianópolis, Centro de Ciências da Educação, UDESC, 10 p, 2000. Inédito.

VELOSO, H. P.; KLEIN, R. M. **As comunidades e associações vegetais da matapluvial do sul do Brasil.** VI-Agrupamentos arbóreos dos contra fortes da serra Geral situados ao sul da costa catarinense e ao norte da costa sul-riograndense. *Sellowia*, Itajaí,20(20):127-80, ago.1968.

WANG, H. B.; SASSA, K. Rainfall-Induced Landslide Hazard Assessment Using Artificial Neural Networks. **Earth Surface Process and Landforms** 31, 235-247, 2006.