

# Dissertação de Mestrado

Análise dos movimentos de massa na  
microbacia do Ribeirão do Baú, Ilhota, SC,  
com base em critérios da geomorfologia e  
geologia

Harideva Marturano Egas



Harideva Marturano Egas

**ANÁLISE DOS MOVIMENTOS DE MASSA NA  
MICROBACIA DO RIBEIRÃO DO BAÚ, ILHOTA, SC,  
COM BASE EM CRITÉRIOS DA GEOMORFOLOGIA E  
GEOLOGIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal de Santa Catarina, área de concentração: utilização e conservação dos recursos naturais, em cumprimento aos requisitos necessários para a obtenção do Título de Mestre em Geografia.

Orientador: Dr. Joel Robert Georges Marcel Pellerin

Coorientador: Dr. Juan Antonio Altamirano Flores

Florianópolis  
2011

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária da  
Universidade Federal de Santa Catarina

E28a Egas, Harideva Marturano

Análise dos movimentos de massa na microbacia do Ribeirão do Baú, Ilhota, SC, com base em critérios da geomorfologia e geologia [dissertação] / Harideva Marturano Egas ; orientador, Joel Robert Georges Marcel Pellerin. - Florianópolis, SC, 2011.

169 p.: il., grafs., tabs., mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Programa de Pós-Graduação em Geografia.

Inclui referências

1. Geografia. 2. Geologia - Ilhota (SC). 3. Geomorfologia - Ilhota (SC). 4. Solo - Uso - Ilhota (SC). I. Pellerin, Joel.  
II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDU 91

Harideva Marturano Egas

**ANÁLISE DOS MOVIMENTOS DE MASSA NA  
MICROBACIA DO RIBEIRÃO DO BAÚ, ILHOTA,  
SC, COM BASE EM CRITÉRIOS DA  
GEOMORFOLOGIA E GEOLOGIA**

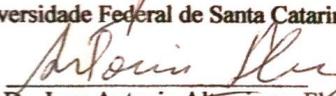
Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Geografia”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Geografia.

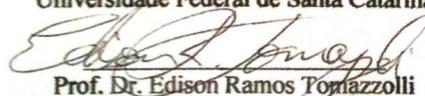
Florianópolis, 19 de dezembro de 2011.

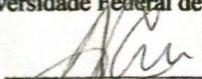
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Ruth Emilia Nogueira  
Coordenadora do PPGG/UFSC

**Banca Examinadora:**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Joel Robert Georges Marcel Pellerin - Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Juan Antonio Altamirano Flores  
Co-orientadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Edison Ramos Tomiazolli  
Universidade Federal de Santa Catarina

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Arthur Schmidt Nanni  
Universidade do Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado às pessoas afetadas no desastre de 2008 em Santa Catarina.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus familiares, ao meu pai e minha mãe por me apoiarem em mais uma jornada. Aos meus irmãos e meus sobrinhos.

Aos Professores Joel Pellerin e Juan Flores pela orientação, a amizade e as inúmeras empreitadas durante o curso.

Agradeço ao Laboratório de Análise Ambiental pela constante acolhida em nome do Professor Luiz Fernando Scheibe e agora do novo coordenador Artur Nanni. A Professora Maria Dolores Buss, aos colegas e amigos do LAAM Luciano, Elaine, Karine, Geysa, Leonidas, Tainá, Fabíula e especialmente a Raíza Peruzzo que participou ativamente da pesquisa. O Alexandre Macedo pelo apoio no campo e nas interpretações. Aos parceiros de campo da comunidade do Ribeirão Baú que contribuíram nos levantamentos nos indicando e relatando e os eventos ocorridos. Agradeço o Laboratório de Geoprocessamento em nome do Prof. Paulino que sempre colaborou e acreditou em nós. Ao Henrique pela parceria e amizade.

Ao Grupo da Geologia representado pelo Prof. Edison. Ao Sérgio que preparou as laminas e ao Prof. Breno pelo apoio nas interpretações. A Jéssica e Camila pelo apoio na parte dos lineamentos geológicos.

Ao amigo Rogério Marinho pelo apoio em campo e nas trocas de informação.

A Fernanda Bauzys pela amizade e parceria nos projetos. Aos colegas de mestrado pelas diversas empreitadas.

Aos professores Ewerton Vieira Machado e Magaly Mendonça em nome do Departamento de Geociências. A Marli e Juliana, grandes secretárias.

Aos amigos Bob, Gabriel, Eduardo, Leonardo Leal, Thais, Jac, Vanessa, os da Geografia e da Revista Expressões Geográficas André Ferreira, Elisa, Andre Lima, Marcão e Rica. Aos amigos da “Cova Funda” Bruno (coxa), Bruno (Barnes), Maira, Tássia, Sebastian e Diego.

O apoio do Grupo de Capoeira Angoleiro Sim Sinho.

Agradeço ao Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres/UFSC em nome do Prof. Edésio onde pude desenvolver trabalhos importantes aprimorando o meu exercício profissional.

Agradeço a CAPES pelo auxílio a bolsa e a FAPESC pelos recursos para executar o projeto.

Saúdo a Ilha de Santa Catarina pela constante beleza e acolhimento nos anos que passei aqui.

**Muito obrigado!**

## RESUMO

A presente dissertação teve como objetivo principal analisar e mapear os aspectos físicos (geomorfologia, geologia e uso do solo) da Microbacia do Ribeirão do Baú, Ilhota, SC; e caracterizar e analisar os processos de movimentos de massas ocorridos em Novembro de 2008. A metodologia da pesquisa consistiu nos levantamentos bibliográficos referentes ao tema e a área de estudo; preparação das bases cartográficas e levantamentos de dados com trabalhos de campo; análise de imagens e aplicações de técnicas de geoprocessamento com mapeamento dos aspectos físicos e caracterização das feições dos movimentos de massa, residências atingidas e correlações com os escorregamentos. Como resultados apresentam-se mapas temáticos dos aspectos físicos da área e a caracterização das feições dos movimentos de massa. Estes ocorreram de maneira generalizada na microbacia, atingindo tanto o Complexo Luiz Alves quanto o Grupo Itajaí. No entanto, há uma concentração de grandes escorregamentos com fluxos de detritos no alto da bacia, principalmente pelo fato de ocorrerem espessos mantos de alteração nas rochas metamórficas. Foram mapeados um total de 569 cicatrizes de escorregamentos, diversos fluxos de detritos, massas deslizadas, planícies modificadas e as residências atingidas no evento. Estas somam um total de 213, sendo que: 137 não foram atingidas e não se encontram em perigo, 15 não foram atingidas, mas encontra-se em perigo; 43 foram atingidas por escorregamentos e destruídas; e 18 atingidas por inundação. Nos aspectos geomorfológicos nota-se que os escorregamentos ocorreram, em sua grande maioria, dentro dos eixos de drenagem de primeira e segunda ordem. Anfiteatros de erosão e cabeceiras de drenagem são feições, conjuntamente com os depósitos de tálus e as facetas triangulares, indicativos de áreas mais susceptíveis de ocorrer movimentos de massa por suas características ligadas a antigos processos. As planícies e margens de cursos d' água evidenciaram que o risco não está apenas nas encostas, pois foram também afetadas por grandes fluxos de lama e/ou detritos e inundações. O Mapa de Evento com os processos mapeados é indicativo de áreas de risco, pois poderá ocorrer novos eventos perigosos aos moradores que ali habitam. A pesquisa contribui diretamente para subsidiar futuros levantamentos de detalhe das áreas de risco mencionadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Microbacia do Ribeirão do Baú; movimentos de massa; critérios da geologia, geomorfologia e uso do solo.

## ABSTRACT

The present work had as principal objective to analyze and to map the Ribeirão do Baú's (Ilhota, SC) watershed physical aspects (geomorphology, geology and land use); and to characterize and analyze the process mass movements occurred in November, 2008. The research's methodology is constituted on lifting the bibliography referred to the theme and study champ; on the preparation of the cartographic bases and data collection on terrain studies; images analysis and applications of the geoprocessing techniques, mapping out the physical aspects and characterization of the mass movement appearance; the affected residences and the correlations with the landslides. As results, it is presented theme-maps from the place's physical aspects and the characterization of the mass movements' shapes. These occurred in a generalized way in the micro-basin, hitting the Luiz Alvez Complex and the Itajaí Group. However, there is a concentration of big landslides with debris flow on the top of the watershed, principally by the fact that there are thick altered layers on the metamorphic rocks. A total of 569 landslides scars have been mapped, various debris flow, modified plains and the hit residences during the event. These counts a total of 213: 137 haven't been hit and aren't in a dangerous situation; 15 haven't been hit, but these are on risk; 43 have been destructed by the landslides; and 18 have been hit by flood. In the geomorphologic aspects is noted that the landslides occurred, the majority part of it, inside the drainage shafts of first and second order. Erosion amphitheatres and drainage headlands are features, in conjunction with the talus deposits and the triangular faceted spurs, indicatives of more susceptible areas where can occur mass movements, due to its characteristics tied to old process. The plains and the water courses' sides have put in evidence that the risk isn't just in the slopes, because they have been affected by big fluxes of mud and/or detritus. The Event Map with the mapped process is indicative of areas that are on risk to occur new events harmful to the inhabitants. The research contributed directly to subsidy future detailed studies of the mentioned risk areas.

**KEY-WORDS: Watershed of Ribeirão do Baú; mass movement; geology criteria; geomorphology; and land use.**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização das Microbacias de estudo do projeto MAPEAMENTO GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO PARA DETERMINAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO NO COMPLEXO DO MORRO DO BAÚ .....	27
Figura 2: Localização da Microbacia do Ribeirão Baú, Ilhota, SC (área de estudo). .....	31
Figura 3: Mapa geológico do Escudo Catarinense .....	44
Figura 4: Mapa geológico do Grupo Itajaí dando destaque a área de estudo. ....	46
Figura 5: Modelo esquemático mostrando a evolução tectônica da Bacia do Itajaí segundo Krebs <i>et al.</i> (1990). ....	51
Figura 6: Condição atmosférica da Região Sul do Brasil em 22 de novembro de 2008 .....	61
Figura 7: Total acumulado de precipitações entre 21 e 25 novembro 2008 na Bacia do Rio Itajaí .....	62
Figura 8: Classificação dos processos dos Movimentos de Massa.....	64
Figura 9: Mecanismo de iniciação de fluxo de detritos.....	65
Figura 10: Tipos de fluxos de detritos. (A) Fluxo de detritos a partir de deslizamento; (B) Fluxo de detritos canalizado .....	66
Figura 11: Feições de um escorregamentos do tipo rotacional.....	67
Figura 12: “Embarrigamento da base da encosta”. Posto de Gasolina em Blumenau .....	68
Figura 13: Escorregamentos translacionais na Bacia do Ribeirão do Baú, Ilhota, SC (área de estudo) .....	69
Figura 14: Escorregamentos do tipo translacional espesso .....	70
Figura 15: Escorregamento translacional espesso na Bacia do Ribeirão Baú, Ilhota, SC (área de estudo).....	70
Figura 16: Esquema de área de risco por queda de blocos e rolamentos .....	71
Figura 17: Rolamento de blocos.....	72
Figura 18: Tombamento de rocha.....	72
Figura 19: Desplacamento de rocha granítica ocorrido em dezembro de 2011 na Comunidade da Mariquinha, Maciço do Morro da Cruz, Florianópolis, SC, em temporal de 40 min.....	73
Figura 20: Fluxograma das etapas de mapeamentos temáticos na Microbacia do Ribeirão Baú.....	80
Figura 21: As diferentes imagens e composições utilizadas na área de estudo. ....	82

Figura 22: Inserção de fotografias panorâmicas de vôo de helicóptero no software <i>Google Earth</i> demonstrando o antes e o depois de evento e auxiliando nas interpretações.....	82
Figura 23: Fluxograma que ilustra a relação entre os ficheiros xyz, os ficheiros GRD e representação de dados.....	84
Figura 24: Fluxograma de dados temáticos do relevo gerados a partir do MDE conforme Remondo, (2009). .....	85
Figura 25: Deslizamento ocorrido na Empresa Tyson do Brasil localizada na SC 407 – Santana, São José/SC (novembro de 2008).....	89
Figura 26: Fluxograma de mapas temáticos realizados através de técnicas de Sensoriamento Remoto com cruzamentos e atribuindo nas variáveis distintos “pesos” conforme Marcelino, (2003) para geração de mapa de suscetibilidade. ....	90
Figura 27: Mapa de pontos medidos em campo.....	95
Figura 28: Imagens de satélite utilizadas para o mapeamento do uso do solo e mapeamento das cicatrizes dos escorregamentos. ....	96
Figura 29: Área onde ocorreram grandes deslizamentos translacionais no gnaisse que afetaram a planície da Igreja Luterana evidenciando as classes de uso do solo mapeadas - mata e capoeira.....	98
Figura 30: Área de Pastagem evidenciando depósito coluvial no Setor Baú Seco. ....	98
Figura 31: Vegetação de topo de morro e cornija rochosa de arenito. (A) Morro do Baú.....	99
Figura 32: Mata e silvicultura. Nesta área observamos o plantio de eucaliptos e pinus com remanescentes de floresta. Propriedade da Germer .....	99
Figura 33: Plantação de Palmito na Tifa Martendal sobre o conglomerado bastante alterado. ....	100
Figura 34: Baú Baixo. Grande planície quaternária com plantio de arroz na jusante da bacia. ....	100
Figura 35: Mapa de Uso do Solo na MicroBacia do Ribeirão do Baú	101
Figura 36: Perfil estratigráfico da uma seção estrutural transversal do Baú Alto – Baú Baixo. ....	103
Figura 37: Alterito muito espesso na região do Morro do Baú (até mais de 30 metros) especialmente sobre os gnaisses, com perfis apresentando diferenciação vertical. ....	106
Figura 38: Bandamento composicional dos gnaisses com zonas máficas (mais escuras) e félsicas (mais claras).....	106
Figura 39: Lâminas delgadas de Gnaisse Máfico. (A) LN vista geral; (B) LP detalhe da plagicalcio e hornblenda.....	107

Figura 40: Lâminas delgadas de Gnaiss Félsico (amostra Baú Seco). (A) LN vista geral; (B) LP vista geral. ....	107
Figura 41: Lâminas delgadas de Gnaiss Félsico (amostra Baú Seco). (A) LN detalhe da hornblenda e mica biotita; (B) LN detalhe do plagioclásio.....	107
Figura 42: Piroxenito. (A) afloramento de piroxenito em corte na estrada. ....	108
Figura 43: Lâminas delgadas de Piroxenito. ....	108
Figura 44: Lâmina delgada Piroxenito. Detalhe do mineral hiperstênio. LN. ....	109
Figura 45: Morro do Baú. Figura demonstrando a inclinação principal do Grupo Itajaí no Morro do Baú de NW para SE. ....	110
Figura 46: Morro do Baú e os deslizamentos. Há uma concentração dos deslizamentos na escarpa monoclinal que delimita o contato do arenito com o gnaiss. ....	110
Figura 47: Bloco diagrama do Morro do Baú (altitude de 811m) demonstrando o perfil da geologia e as formas tabulares e de escarpa monoclinal controlados pela estrutura.....	111
Figura 48: Vista parcial do sul do Morro do Baú (Filhote) indicando a Geologia local. ....	111
Figura 49: Arenito com estrutura primária encontrado em corte de estrada no centro da microbacia (margem esquerda do Ribeirão do Baú).....	112
Figura 50: Arenito encontrado no centro da microbacia, na propriedade da Germer. Estratificação tipo <i>hummocky</i> .....	113
Figura 51: Lâminas delgadas de arenito (vista geral). Cimentação carbonática e silicosa. Proximidade ao arenito arcoseano.....	113
Figura 52: Lâminas delgadas de arenito (detalhe) Cimentação silicosa do tipo crescimento autogênico sentaxial.....	114
Figura 53: Grupo Itajaí - Afloramento de rocha Conglomerática na parte central da microbacia, área conhecida por “M” (Propriedade Germer) .....	115
Figura 54: Camada de arenito interdigitada dentro do conglomerado no Morro do Baú.. ....	116
Figura 55: Localização dos contatos do arenito com o conglomerado no centro da microbacia.. ....	117
Figura 56: Tifa Martendal. Zona com grandes trincas e degrau de abatimento chegando a 4/5m, no conglomerado, perto do contato deste com o arenito do Grupo Itajaí.....	118
Figura 57: Afloramento de pelitos na estrada. Parte baixa da microbacia .....	118

Figura 58: Depósito fluvio-lagunar recortado e evidenciado por enchente e erosão da margem da calha fluvial. Parte baixa da microbacia.....	119
Figura 59: Depósito fluvial em meandro do Ribeirão do Baú.....	120
Figura 60: Compartimentação geomorfológica da parte baixa da microbacia.	120
Figura 61: Mapa da Geologia da MicroBacia do Ribeirão do Baú.....	121
Figura 62: MDE do Complexo do Morro do Baú.....	123
Figura 63: Modelo proposto para o principal evento de deformação da Bacia do Itajaí.....	124
Figura 64: Modelo proposto da principal deformação da Bacia do Itajaí para a área de estudo com elementos das formas do relevo.....	125
Figura 65: Relevo apresentando escalonamentos e bacia suspensa no alto da bacia, na localidade do Baú Seco (Complexo Luiz Alves). ....	125
Figura 66: Área intensamente falhada no Grupo Itajaí.....	126
Figura 67: Mapa de Hipsometria da MicroBacia do Ribeirão do Baú.	127
Figura 68: Mapa da Declividade da MicroBacia do Ribeirão do Baú.	128
Figura 69: Mapa dos fluxos superficiais da MicroBacia do Ribeirão do Baú.....	129
Figura 70: Mapa de Setores da MicroBacia do Ribeirão do Baú.....	130
Figura 71: Deposito de tálus apresentando reativação de processos erosivos com o evento de novembro de 2008.....	133
Figura 72: Cachoeiras.....	134
Figura 73: Vista do Morro da Igreja (Luterana) através bloco diagrama da fotografia aérea de 1977/1978 e Imagem Cbers 2009; e o detalhe do mapa geomorfológico na área demonstrando as facetas triangulares ocasionadas por falhas com grandes escorregamentos em novembro de 2008.....	135
Figura 74: Anfiteatro de erosão em zona de falha.....	135
Figura 75: Padrão de drenagem paralelo.....	136
Figura 76: Vales em 'V'. Detalhe do mapa da Geomorfologia (Propriedade da Germer) demonstrando a drenagens com vales em forma de 'V'.....	136
Figura 77: Mapa Geomorfológico da MicroBacia do Ribeirão do Baú.....	137
Figura 78: Vista Panorâmica parcial da montante da Bacia do Ribeirão Baú mostrando inúmeras cicatrizes de escorregamentos e o mosaico da paisagem referente ao uso do solo.....	139
Figura 79: Sucessão vegetacional em cicatriz de escorregamento em arenitos do Morro do Baú dois anos após o evento.....	140
Figura 80: Classes de uso do solo e cicatrizes de deslizamentos.....	142

Figura 81: Ribeirão do Baú (Baú Central) modificado por inundação e enchente.....	144
Figura 82: Escorregamento com represamento do curso d' água e modificação da planície de inundação.....	145
Figura 83: Detalhe do escorregamento da figura 82.....	146
Figura 84: Escorregamentos de grande proporção no Ribeirão do Baú, Ilhota, SC que gerou um fluxo de lama e detritos destruindo várias residências.....	147
Figura 85: Escorregamento translacional espesso com represamento.	148
Figura 86: Detalhe do mapa de evento na área conhecida como PC2, evidenciando as cicatrizes dos escorregamentos, fluxos de detritos e residências atingidas.....	148
Figura 87: Grande deslizamento translacional no Gnaisse (Tifa dos Rincos). .....	149
Figura 88: Grandes deslizamentos e fluxos de detritos que contribui para o reforço do fluxo de detritos advindo da Tifa dos Rincos.....	150
Figura 89: Detalhe da passagem do fluxo .....	151
Figura 90: Percurso do fluxo de detritos advindo da Tifa dos Rincos provocando mudanças nos leitos dos rios.. .....	151
Figura 91: Residência atingida por fluxo de detritos advindo da Tifa dos Rincos em novembro de 2008 e restaurada em mesmo local.....	152
Figura 92: Detalhe no mapa de casa atingida e restaurada. Fluxo de detritos advindo da Tifa dos Rincos que atingiu diversas residências.. .....	152
Figura 93: Mapa do evento de novembro de 2008 da Microbacia do Ribeirão do Baú.....	153

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1: Parecer técnico das edificações no município de Ilhota, SC. (Fonte: CEPED, 2009) .....	63
Gráfico 2: Área total de cada classe de uso do solo na microbacia Ribeirão do Baú.....	97
Gráfico 3: Correlação de áreas e percentagem de cada classe de uso do solo com as cicatrizes dos escorregamentos.....	141
Gráfico 4: Percentagem das classes da geologia com as cicatrizes dos escorregamentos. ....	143
Gráfico 5: Correlação de áreas e percentagem de cada classe de uso do solo com as cicatrizes dos escorregamentos.....	143

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Distribuição das espécies em diferentes zonas associada à umidade do solo, topografia e ao gradiente altitudinal.....	41
Quadro 2 - Evolução das colunas estratigráficas proposta para a Bacia do Itajaí ao longo do tempo segundo Schroeder (2006).....	48
Quadro 3: Diferentes hipóteses de modelos tectônicos da Formação da Bacia do Itajaí segundo Schroeder (2006); Rostirolla, <i>et al</i> (1992).....	50
Quadro 4: Classificação da terminologia empregada sobre riscos e Desastres Naturais.....	57
Quadro 5 - Estruturação ideal de um Programa de Redução de Riscos Geológico-Geomorfológico-Geotécnico.....	59
Quadro 6 - Fatores predisponentes, efetivos e deflagradores dos movimentos de massa (escorregamentos).....	74
Quadro 7 – Relação dos relatórios, datas, projetos e pesquisadores que trabalharam na área de estudo.....	94

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Índices pluviométricos em estações meteorológicas de municípios do Vale do Itajaí. Fonte: Ciram – Epagri 27/11/2008.....	61
Tabela 2: Classes do uso do solo na microbacia Ribeirão do Baú.....	97
Tabela 3: Classes e áreas da Geologia na Microbacia do Ribeirão do Baú.....	104
Tabela 4: Relação dos setores (sub-bacias) da Microbacia do Ribeirão do Baú com a área, o perímetro e a geologia correspondente.....	131
Tabela 5: Correlação de áreas e percentagem das classes de uso do solo com as cicatrizes dos escorregamentos.....	140
Tabela 6: Correlação de áreas e percentagem das classes da geologia com as cicatrizes dos escorregamentos.....	142

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

CFH/UFSC - Centro de Filosofia e Ciências Humanas

CIRAM/EPAGRI - Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral

FAPESC - Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina

CEPED/UFSC - Centro Universitário de Pesquisas e Estudos sobre Desastres

FAPEU - Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária

GPS - Sistema de Posicionamento Geodésico Global

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LAAM - Laboratório de Análise Ambiental

LabGeop - Laboratório de Geoprocessamento

MDE - Modelo Digital de Elevação

SIG - Sistema de Informação Geográfica

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>25</b>
1.1. OBJETIVOS.....	28
<b>1.1.1 Objetivo Geral</b> .....	<b>28</b>
<b>1.1.2 Objetivos Específicos</b> .....	<b>28</b>
1.2 O Município de Ilhota a MicroBacia do Ribeirão Baú.....	29
<b>1.2.1 Apresentação da área de estudo: microbacia Ribeirão do Baú, Ilhota, SC</b> .....	<b>30</b>
<b>2. FUNDAMENTOS DA PESQUISA</b> .....	<b>33</b>
2.1 A Geografia Física e a Análise Ambiental .....	33
2.2 Bacias Hidrográficas – importantes recursos de delimitação para o planejamento e mapeamento .....	38
<b>2.2.1 Delimitação e escalas de trabalhos em Bacias de Hidrográficas</b> .....	<b>38</b>
2.3 Aspectos Físicos Regionais – Uso do solo, Geologia e Geomorfologia .....	40
<b>2.3.1 Uso do Solo</b> .....	<b>40</b>
<b>2.3.2 Aspectos Geológico-Geomorfológicos</b> .....	<b>42</b>
2.3.2.1 Complexo Luiz Alves (Complexo Granulítico) .....	43
2.3.2.2 Grupo Itajaí .....	45
2.3.2.2.1 <i>Tectônica Formadora da Bacia do Itajaí</i> .....	49
2.3.2.2.2 <i>Litologia do Grupo Itajaí</i> .....	52
2.3.2.3 Cobertura Sedimentar Quaternária (IBGE. 2002) .....	53
<b>2.3.3 Modelados de encostas: cabeceiras de drenagem e rampas de colúvio, importantes aspectos a serem considerados</b> .....	<b>54</b>
2.3.3.1 Cabeceira de drenagem .....	54
2.3.3.2 Rampas de colúvio .....	55
2.4 Áreas de risco e desastres naturais: conceitos .....	56

2.5 Climatologia e sistemas atmosféricos em Santa Catarina .....	59
<b>2.5.1 O evento atmosférico de novembro de 2008 em Santa Catarina</b> .....	<b>60</b>
<b>2.5.2 O Desastre sócio-ambiental de Novembro de 2008 em Santa Catarina</b> .....	<b>62</b>
2.6 Movimentos de massa .....	63
<b>2.6.1 Conceituação</b> .....	<b>63</b>
<b>2.6.2 Fatores predisponentes, efetivos e deflagradores dos movimentos de massa (escorregamentos)</b> .....	<b>73</b>
<b>2.6.3 Métodos e modelos de previsão de movimentos de massas</b> .....	<b>76</b>
2.6.3.1 Análise da distribuição dos movimentos de massa em campo..	76
2.6.3.2 Aplicação com modelos com bases estatísticas.....	77
2.6.3.3 Aplicação de modelos matemáticos (estocásticos e determinísticos):.....	78
2.6.3.4 Métodos Geofísicos.....	78
<b>3. METODOLOGIA DA PESQUISA</b> .....	<b>79</b>
3.1 ETAPAS DOS MAPEAMENTOS .....	79
<b>3.1.2 Geração de Modelo Digital de Elevação - MDE</b> .....	<b>83</b>
<b>3.1.3 Mapeamento do uso do solo na Microbacia do Ribeirão Baú</b>	<b>86</b>
<b>3.1.4 Mapeamento da Geologia na Microbacia do Ribeirão do Baú</b> .....	<b>87</b>
<b>3.1.5 Mapeamento da Geomorfologia na Microbacia do Ribeirão Baú</b> .....	<b>87</b>
<b>3.1.6 Geoprocessamento (Geotecnologias): ferramenta de integração e análise</b> .....	<b>90</b>
3.1.6.1 Método de correlação dos deslizamentos com o uso do solo e geologia.....	90
<b>3.2. DETALHAMENTO DE MATERIAIS E LABORATÓRIOS</b> .....	<b>91</b>

<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>95</b>
4.1 O USO DO SOLO NA MICROBACIA DO RIBEIRÃO DO BAÚ, ILHOTA, SC .....	95
4.2 ASPECTOS GEOLÓGICOS-GEOMORFOLÓGICOS DA MICROBACIA DO RIBEIRÃO DO BAÚ.....	103
<b>4.2.1 Geologia da Microbacia do Ribeirão do Baú.....</b>	<b>104</b>
4.2.1.1 Complexo Luiz Alves.....	105
<i>4.2.1.1.1 Petrografia das principais litologias da área (Complexo Luis Alves): análise de amostras e lamínas delgadas de rocha.....</i>	<i>106</i>
4.2.2.1 Grupo Itajaí .....	109
<i>4.2.2.1.1 Petrografia das principais litologias da área (Grupo Itajaí): análise de amostras e lamínas delgadas de rocha.....</i>	<i>112</i>
4.2.2.1 Depósitos Quaternários – figuras 58, 59 e 60.....	119
<b>4.2.2 Morfotectônica da Microbacia do Ribeirão do Baú.....</b>	<b>123</b>
4.2.3.1 Descrição do Mapa Geomorfológico.....	132
<b>4.3.1 O uso do solo na microbacia Ribeirão do Baú, Ilhota, SC e a correlação com os escorregamentos ocorridos em novembro de 2008 .....</b>	<b>139</b>
<b>4.3.2 A geologia na microbacia Ribeirão do Baú, Ilhota, SC e a correlação com os escorregamentos ocorridos em novembro de 2008 .....</b>	<b>142</b>
<b>4.4.1 Descrição do Mapa do Evento de 2008 na Microbacia do Ribeirão do Baú.....</b>	<b>144</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES E DISCUSSÃO.....</b>	<b>155</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>159</b>

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, em grande parte do território, por suas condições de clima tropical e subtropical aliado a grandes extensões de maciços montanhosos e ampla rede de drenagem, vem ocorrendo desastres associados a escorregamentos nas encostas e inundações e enxurradas nas áreas próximas aos rios. As características geológicas e geomorfológicas guardam relação com pretéritos movimentos de massa, evidenciando que estes, são processos naturais de evolução das vertentes através dos tempos. E ainda, além da frequência elevada de escorregamentos de origem natural, ocorre no país, também um grande número de acidentes induzidos pela ação antrópica (FERNANDES; AMARAL, 1996).

O território do Estado de Santa Catarina tem sido cenário de vários desastres naturais nas últimas cinco décadas, que por sua vez causaram perdas econômicas e humanas, como exemplos os eventos catastróficos ocorridos nas bacias dos rios Tubarão e Araranguá no ano de 1974 (BIGARELLA; BECKER, 1975; BIGARELLA, 2003), as enchentes no Vale do Itajaí (Blumenau, Rio do Sul) em 1983 e 1984; Florianópolis e Timbé do Sul no ano de 1995 (PELLERIN et al., 1997; PELLERIN, et al. 2002); o Furação Catarina no Sul do Estado; o desastre em novembro de 2008 que atingiu principalmente o baixo e médio Vale do Rio Itajaí (BRASIL, 2009); e recentemente as chuvas intensas no Alto Vale do Itajaí que atingiram Mirim Doce, Taió e Rio do Campo no início do ano de 2011 provocando enxurradas, grandes deslizamentos e fluxos de detritos; e em setembro de 2011 grandes volumes de chuva, também no Vale do Itajaí, provocaram inundações e deslizamentos em diversos municípios, a exemplo de Rio do Sul e Blumenau.

O desastre que ocorreu em novembro de 2008, tema da pesquisa, atingiu principalmente o baixo e médio Vale do Rio Itajaí, sendo Complexo do Morro do Baú, situado no triângulo formado pelos municípios de Ilhota, Luiz Alves e Gaspar, a área mais afetada. Neste evento além das enchentes e inundações mais comuns a região aconteceram grandes movimentos de massa (escorregamentos generalizados) que mudaram significativamente a morfologia dos vales e encostas de muitas áreas e atingiram a população local. As áreas susceptíveis a escorregamentos são aquelas em que as estruturas geológicas somadas às formas do relevo, espessuras dos solos e ação antrópica, submetidos a longos e intensos períodos de precipitação

acumulada e concentrada na região e conseqüente saturação do binômio solo-rocha alterada, colocam áreas como o Vale do Itajaí, em permanente situação de risco (FLORES, *et al* 2009).

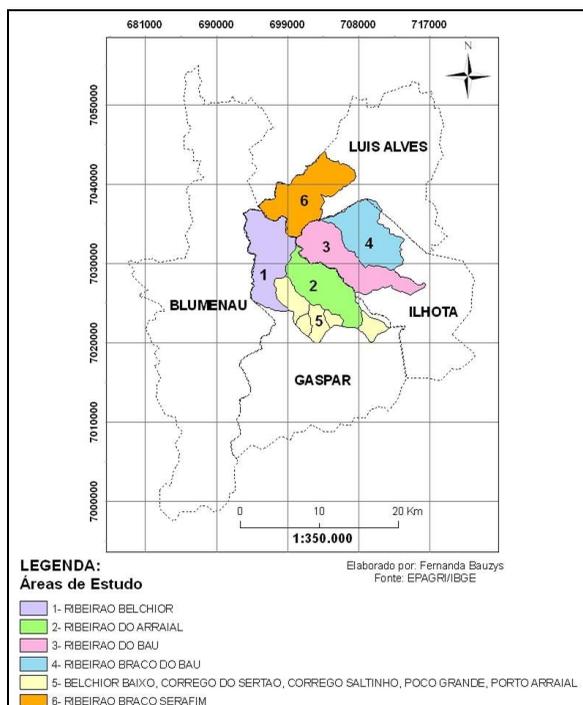
A região costeira de Santa Catarina, entre o oceano e o Planalto da Serra Geral, se constitui, generalizadamente, em área de risco a ocorrência de desastres naturais dos tipos inundações e movimentos de massa, devido às suas condições regionais climáticas, geológicas, geomorfológicas e de uso da terra (TOMAZZOLI *et al*, 2010).

Os movimentos de massa são pouco compreendidos no que tange a sua previsão, tanto espacial quanto temporal. Entretanto, são reconhecidos como importantes processos geomorfológicos modeladores da superfície terrestre (BIGARELLA, 2003). Destacam-se os escorregamentos de encostas que trazem grandes prejuízos econômicos, bloqueiam vias de acessos e, com freqüência, levam a perda de muitas vidas, tanto em áreas urbanas quanto rurais (FERNANDES, *et al.* 2001, FERNANDES; AMARAL, 1996). Com relação às atividades antrópicas, em áreas urbanas, o que mais preocupa é a ocupação irregular das encostas, com conseqüente desmatamento, cortes de taludes e aterros mal executados, que propiciam maior susceptibilidade. (GUIMARÃES, *et al.* 2008).

A investigação desta pesquisa aponta a necessidade de entender as formas e os processos geomorfológicos, geológicos e climáticos que interferem na evolução da paisagem, em diferentes escalas temporais e regionais, principalmente aquelas que se imprimem num tempo curto, ocasionando uma mudança abrupta no ciclo de erosão e deposição. Daí a necessidade de organização e planejamento do espaço como forma de mitigar os danos destes processos. Neste sentido, a geografia contribui tanto na compreensão dos processos como na espacialização dos fenômenos ocorridos.

A questão da previsão e a compreensão dos escorregamentos vêm assumindo importância crescente na literatura geomorfológica, geológica, geotécnica e hidrológica. Grande parte visa à previsão de áreas susceptíveis a escorregamentos enquanto outras procuram caracterizar o risco envolvido, ou seja, engloba tanto o processo do fenômeno quanto os danos decorrentes (FERNANDES, *et al.* 2001). Quando ocorre algum acidente ou desastre natural no Brasil, a Defesa Civil é mobilizada; no entanto, age durante ou após o evento já ter ocorrido, quase não havendo medidas de previsão e prevenção desses acidentes ou desastres. Por essa razão a quantidade de danos e prejuízos conseqüentes de desastres cresce a cada ano.

Esta dissertação foi desenvolvida dentro do Projeto de Pesquisa intitulado: MAPEAMENTO GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO PARA DETERMINAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO NO COMPLEXO DO MORRO DO BAÚ, aprovado pela FAPESC/FAPEU (2009) e implementado em novembro de 2010. O Complexo do Morro do Baú, com área de aproximadamente 1.050km<sup>2</sup>, corresponde às cabeceiras de drenagem que delimitam o Morro do Baú, tais como: Ribeirão do Baú (área da pesquisa) e Braço do Baú, localizadas no município de Ilhota, que são afluentes do Rio Luiz Alves, afluente da Margem esquerda do Rio Itajaí Açu. Devido ao grande número de escorregamentos foram incluídas para o presente projeto toda a Bacia do Rio Luiz Alves, bem como o Rio Belchior, localizado no município de Gaspar (**figura 1**).



**Figura 1:** Localização das Microbacias de estudo do projeto MAPEAMENTO GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO PARA DETERMINAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO NO COMPLEXO DO MORRO DO BAÚ. Fonte: BAUZYS (2010).

Estas áreas possuem mapeamentos de pouco detalhamento da Geologia e Geomorfologia que são aspectos fundamentais para compreensão das áreas de risco a movimentos de massa. Neste sentido, o entendimento dos aspectos físicos e da fenomenologia destes acidentes ou desastres é uma condição essencial, pois uma vez sem o conhecimento da forma e extensão, bem como das causas dos deslizamentos, nunca se chegará a uma medida preventiva, ou mesmo corretiva que implique na maior segurança (FERNANDES; AMARAL, 1996).

## 1.1. OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Analisar e mapear os aspectos físicos (geomorfologia, geologia e uso do solo) da Microbacia do Ribeirão do Baú, Ilhota, SC; e caracterizar e analisar os movimentos de massas ocorridos em Novembro de 2008, com intuito de identificar e compreender os processos ocorridos.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar e mapear o uso do solo: estágios da cobertura vegetal, áreas cultivadas e habitadas.
- Analisar e mapear os condicionantes geológicos e geomorfológicos da área de estudo correlacionando aos movimentos de massa ocorridos e áreas susceptíveis a novas movimentações
- Descrever (reconstituir) os processos ocorridos no evento de Novembro de 2008 na Microbacia do Ribeirão do Baú: estudo dos materiais erodidos e transportados; mapa do evento – casas atingidas, inventário dos deslizamentos, fluxos de lama e/ou detritos, represamentos, inundações e modificações nos cursos d'água.

## 1.2 O Município de Ilhota a MicroBacia do Ribeirão Baú

Os mais antigos registros de colonização de Ilhota datam de 31 de março de 1842, quando iniciaram, uma viagem de reconhecimento dos rios Itajaí - Açú e Itajaí Mirim, o engenheiro e pesquisador Charles Maximiliano Luiz Van Lede, Joseph Philippe Fontaine, geólogo Guilherme Bouliech e como guia o escrivão policial José Alves de Almeida. Van Lede havia fundado a Companhia Belga - Brasileira de Colonização em 1841, com a intenção de trazer os colonos belgas para trabalhar na exploração das jazidas de minérios na bacia Hidrográfica do Itajaí - Açú. A criação de distrito de Ilhota aconteceu em 26 de agosto de 1930, por intermédio do requerimento apresentado pelo deputado Marcos Konder. A instalação ocorreu em 14 de fevereiro de 1931. O primeiro Intendente foi Pedro Faustino Nunes. O distrito pertenceu ao município de Ilhota até 21 de julho de 1958, quando por força de lei estadual 348 foi levada a categoria de município. O primeiro prefeito (provisório) foi Guilherme Alípio Nunes, tendo sido sucedido por Teodoro Zimmermann. O primeiro prefeito eleito foi José Köehler, que ficou no poder de 31 de janeiro de 1959 a 31 de janeiro de 1964. (IBGE, 2011 Cidades).

A população total do município, segundo o ultimo censo do IBGE (2010), é de 12.355 habitantes, sendo que 7.898 da população são residentes em área urbana e 4.457 são residentes em área rural. Sua área territorial é de 253,442 km<sup>2</sup> e apresenta um densidade demográfica de 20, 51 (hab./km<sup>2</sup>).

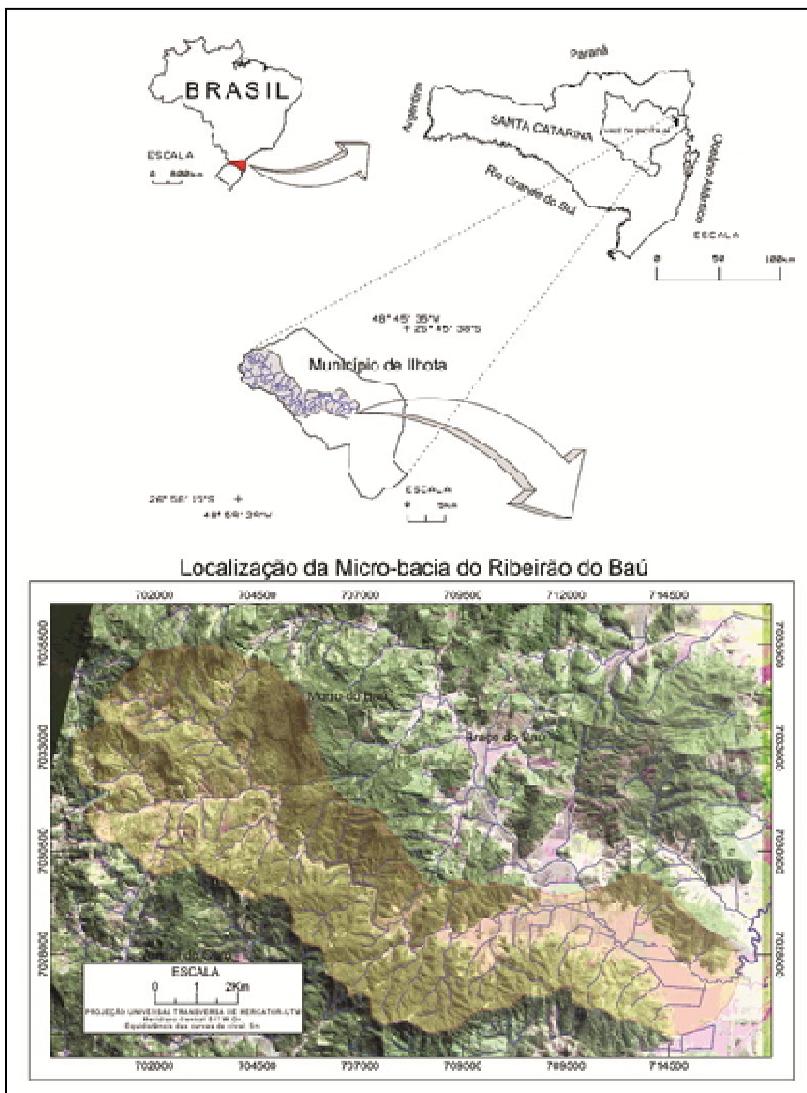
A economia do município de Ilhota é essencialmente rural, sendo 57% das terras ocupadas pela agricultura. Das principais culturas, considerando as lavouras temporárias e lavouras permanentes, segundo o Censo Agropecuário do IBGE, destacam-se a rizicultura, cana-de-açúcar, feijão, fumo, mandioca, milho, banana, laranja, maracujá e palmito. Considerando a safra de produtos da lavoura permanente em 2007, as culturas de banana e laranja tiveram a maior representatividade econômica para o município (SEBRAE, 2010). Na rizicultura, o município destaca-se como o maior produtor da Microrregião da Foz do Itajaí (VIEIRA, 2003).

### **1.2.1 Apresentação da área de estudo: microbacia Ribeirão do Baú, Ilhota, SC**

A Microbacia do Ribeirão do Baú, localizada no Município de Ilhota, SC, (**figura 2**) possui uma área de 62,89 km<sup>2</sup> e perímetro de 45,92 km. Esta pertence à Bacia do Rio Luiz Alves e é um afluente de sua margem esquerda. Localizam-se na sua montante as comunidades do Alto Baú, Alto Morro Baú/Baú Seco e na jusante o Baú Central. A área sofreu processos erosivos de grande magnitude no evento de Novembro de 2008. Insere-se no Complexo do Morro do Baú com controle estrutural marcado por falhas e lineamentos e amplas formas de dissecação em cabeceira de drenagem com vales bem encaixados. Seu relevo ondulado e bastante dissecado revela que os processos movimentos de massa em grande escala, como escorregamentos e corridas, são recorrentes e freqüentes num ciclo mais longo do tempo.

A ocorrência de grandes movimentos de massa de nesta área, no evento de Novembro de 2008, mudou significativamente a morfologia da paisagem: rupturas espessas e prolongadas dos escorregamentos com corridas de lama e/ou detritos transformaram a topografia, modificando os fluxos d' águas superficiais e planícies de inundação, remodelando encostas e vales com a remoção da vegetação e/ou plantações em um curto período de tempo.

A paisagem que observamos hoje na área de estudo é resultado de processos geológicos, geomorfológicos e climáticos, que formaram um relevo acidentado. As encostas são muito inclinadas, o relevo encontra-se estruturalmente dobrado e com diversas falhas, freqüentemente a drenagem é entalhada em forma de 'V' fechado e geralmente associadas a pequenas e estreitas várzeas em torno dos ribeirões e rios, sujeitas a inundações freqüentes (AUMOND, *et al.* 2010).



**Figura 2:** Localização da Microbacia do Ribeirão Baú, Ilhota, SC (área de estudo). Fonte: Mapa do Brasil e do Estado de Santa Catarina (acervo LabGeop). Carta IBGE Folha GASPARG 1:50000. Imagens *Cbers* pancromática (2009) e SPOT (2005).

## 2. FUNDAMENTOS DA PESQUISA

### 2.1 A GEOGRAFIA FÍSICA E A ANÁLISE AMBIENTAL

“Teremos que aprender muitíssimo sobre a Química, principalmente porque muitos dos problemas da geografia física são explicados pelas reações químicas. E sem dúvida eu creio que a ciência que mais temos que aprender é a Ecologia. A Ecologia, particularmente a Moderna Ecologia, com seus estados de “não-equilíbrio”, com suas interpretações de câmbio, de incerteza dinâmica, constitui-se em um artifício de aproximação, incluso o espacial, que aborda muitos aspectos sobre a Geografia. Portanto creio que nós devemos ser sensíveis às contribuições destas disciplinas, da mesma maneira que creio que a Geomorfologia se beneficia muitíssimo com o contato com a Geologia, ou que a Climatologia se beneficia muitíssimo do contato com a Meteorologia e com as ciências fundamentais da natureza. O pior que poderia ocorrer com a Geografia Física é um “fechar-se em si mesma”. Creio que não estamos para isso, que precisamos compreender os problemas que preocupam toda a sociedade, como, por exemplo, a perda da biodiversidade, as mudanças climáticas, a desertificação, ou qualquer outro processo, a escassez crescente de água; são todos temas que nos obrigam a trabalhar em conjunto com os cientistas sociais e com certeza com os engenheiros (HOMERO, 2009 p. 3)

A “análise paisagística” é o conjunto de métodos e de procedimentos técnicos analíticos que permitem conhecer e explicar a estrutura da paisagem, estudar suas propriedades, índices e parâmetros sobre a dinâmica, a história do desenvolvimento, os estados, os processos de formação e transformação da paisagem e a pesquisa das paisagens naturais, como sistemas manejáveis e administráveis. O

enfoque sistêmico comporta a base científica da análise geocológica da paisagem<sup>1</sup>.

Para Bertrand (2004) a Geografia Física vem trabalhando com o conceito de geossistema, que serve para designar um sistema natural geográfico homogêneo associado a um território. Ele se caracteriza por uma morfologia, isto é, pelas estruturas espaciais verticais (os geohorizontes) e horizontais (os geofácies); um funcionamento, que engloba um conjunto de transformações dependente de energia solar ou gravitacional, dos ciclos da água, dos biogeociclos, assim como dos movimentos das massas de ar e dos processos de geomorfogênese; um comportamento específico, isto é, para as mudanças de estado que intervêm no geossistema em uma dada seqüência temporal.

A Geoecologia da Paisagem, devido ao rico arsenal conceitual e aos métodos de estudos elaborados, pode enquadrar-se como uma ciência ambiental, que oferece uma contribuição essencial no conhecimento da base natural do meio ambiente, entendido como meio global. Propicia fundamentos sólidos na elaboração das bases teóricas de modelos e metodológicas do planejamento e gestão ambiental e ainda na construção de modelos teóricos para incorporar a sustentabilidade ao processo de desenvolvimento (RODRIGUES, 2007)

Na idéia de compreender a paisagem como entidade global, segundo Bertrand, (2004) admite-se que:

“(...) os elementos que a constituem participam de uma dinâmica comum que não corresponde obrigatoriamente à evolução de cada um dentre eles tomados separadamente. O “sistema de erosão” de A. CHOLLEY inspirou diretamente esta ordem metodológica. Por que não alargar o conceito de “sistema de erosão” no conjunto da paisagem? Passar-se-ia assim de um fato estritamente geomorfológicos à noção mais vasta, mais completa e, sobretudo mais geográfica, de “sistema geral de evolução da paisagem.” (p.8).

---

<sup>1</sup> Especificamente, a concepção sistêmica consiste em uma abordagem em que qualquer diversidade da realidade estudada (objetos, propriedades, fenômenos, relações, problemas, situações, etc.) pode-se considerar como uma unidade (um sistema) regulada em um ou outro grau que se manifesta mediante a algumas categorias sistêmicas, tais como: estrutura, elemento, meio, relações, intensidade, etc. (RODRIGUES, 2007)

Pode ser entendido também conforme Correa (2009), ao citar Danko *et al.*, (2007):

“(…) o desenvolvimento de um geossistema pode ser descrito como um conjunto de mudanças cíclicas, oscilações rítmicas e até mesmo alterações regressivas, que se expressam sobre a morfologia da paisagem, sobretudo por meio da ação dos fatores condicionantes das atividades climáticas e neotectônicas. Desta forma, as transformações de uso e ocupação da terra (antropogênese) passam a ser compreendidas como moduladoras, especialmente da ação climática, sobre as organizações morfológicas da paisagem” (p. 151).

A geografia física aplicada como ciência que investiga os arranjos espaciais ao longo do tempo, recompõe diversas combinações paisagísticas, ou fragmentos destas, até que o arranjo final, “tempo zero atual”, tenha sido organizado. O estudo do relevo, sobretudo dos modelados deposicionais, permite mensurar as mudanças ambientais de cunho climático e/ou tectônicos: eventos desestabilizadores de grande magnitude (MOURA; SILVA, 2006).

Um aspecto que tem sido considerado essencial, seja ao entendimento da seqüência evolutiva da paisagem ou a extensão temporal dos dados na análise dos sistemas físicos (processos, taxas e respostas), tem sido a associação dos estudos geomorfológicos à análise do registro estratigráfico, como instrumento material à interpretação da evolução da paisagem. O registro sedimentar preserva, de maneira menos subjetiva, informações a respeito da história erosiva e deposicional (JONHNSON, 1982 *apud* MOURA e SILVA, 2006).

Para Christofolletti (1980), “o conceito de equilíbrio em Geomorfologia significa que materiais, processos e geometria do modelado, compõem um conjunto auto-regulador, sendo que toda forma é o produto do ajustamento entre materiais” (p.7). No entanto, quando o sistema ultrapassa o limite divisório crítico da faixa de absorção, ele espontaneamente se modifica a fim de atingir um novo estado de equilíbrio, conforme já retratava Cendreiro (1988):

*“(…) em determinados lugares e ciertos momentos se producen fases paroxísmicas, durante las cuales la magnitud del proceso es muy superior a*

*habitual (tasas de liberacion de energia, masas empujadas en el proceso, extensiones afectadas, etc.) dando lugar a situaciones de peligro para los seres humanos, sus obras o sus actividades. Así durante una inundación la energía cinética de la corriente de agua y, por tanto, su capacidad erosiva o destructiva son varios órdenes de magnitud mayores que en los momentos de flujo normal; la masa desplazada durante un deslizamiento o durante o colapso de una cavidad (así como la energía liberada) también es varios órdenes de magnitud superior a la desplazada a lo largos de lapsos de tiempos mucho más amplios en los que opera el proceso 'normal'” (p. 327).*

No plano epistemológico geral, todavía, é evidente que a ciência esta fundada na teoria da evolução do universo, do Planeta Terra, das espécies vivas, incluindo o homem. Mais diretamente e fundamentalmente, a questão do tempo e de seu fluxo: duração, velocidade e ritmo. Entretanto em muitos pensamentos e práticas científicas cotidianas, perdura, ao menos implicitamente, um fundo de fixismo, sempre em busca de uma instabilidade perdida, de um equilíbrio idealizado, ou seja, por uma aspiração por uma eterna volta ao começo. O tempo tem sido, muito freqüentemente, reduzido a apenas um valor instrumental de medida de referência cronológica (Bertrand, 2009, grifos autor).

Assim, podemos entender que a paisagem, por exemplo, do Vale do Itajaí...

(...) se transforma no tempo e no ritmo da indissolúvel relação entre os processos naturais e a dinâmica social. Misturam-se na paisagem as marcas de um tempo geológico longo, onde a dinâmica geológico-geomorfológica define e delinea os comportamentos; e a marca de um tempo curto, onde os processos naturais e antrópicos retrabalham a paisagem na escala da história do homem. (GUERRA; CUNHA, 1996, grifo autor)

A Geomorfologia, área do conhecimento da geografia, ajuda a entender as formas do relevo, por exemplo, de uma Bacia Hidrográfica e os processos dinâmicos que os modelam. Seu objeto de estudo é a

superfície da crosta terrestre, apresentando uma forma específica de análise que se refere ao relevo. A análise incorpora o necessário conhecimento do jogo de forças antagonicas, sistematizadas pelas atividades tectogenéticas (**endógenas**) e mecanismos morfoclimáticos (**exógenos**), responsáveis pelas formas resultantes. Acrescenta-se a ação antrópica como importante remodeladora do relevo (FLORENZANO, 2008).

- processos **endógenos**: tem origem no interior da Terra e manifestam-se por meio de movimentos sísmicos, do vulcanismo, do magmatismo intrusivo e do tectonismo;

- processos **exógenos**: são movimentos externos que atuam na Superfície da Terra destruindo elevações, construindo formas e preenchendo depressões. Os processos englobam o intemperismo (químico, físico e biológico); a erosão e a acumulação. A **erosão** que engloba a remoção e o transporte do material intemperizado, pode ser erosão pluvial, erosão fluvial e movimentos de massa (escorregamentos, deslizamentos, quedas de blocos).

A análise do relevo é importante não só para a Geomorfologia, mas também para as outras ciências da terra que estudam os componentes da superfície terrestre (rochas, solo, vegetação e água), bem como pode na definição de fragilidade / vulnerabilidade de uma Bacia Hidrográfica ou um território e o estabelecimento para a **ocupação e proteção deste**. (FLORENZANO, 2008).

Ab'Saber (1969) destaca o entendimento geomorfológico contemporâneo em três níveis de tratamento: 1 - a Geomorfologia é um campo científico que cuida do entendimento da compartimentação da topografia regional, assim como da caracterização e descrição, tão exatas quanto possíveis, das formas de relevo de cada um dos compartimentos estudados; 2- procura obter informações sistemáticas sobre a estrutura superficial das paisagens referentes a todos os compartimentos e formas de relevo observados. Obtém-se idéias da cronogeomorfologia e as primeiras proposições interpretativas sobre a seqüência de processos paleo-climáticos e morfoclimáticos quartenários da área de estudo; 3 - cuida de entender os processos morfoclimáticos e pedogênicos atuais, em sua plena atuação, ou seja, procura compreender globalmente a fisiologia da paisagem através da dinâmica climática e de observações mais demoradas e sob controle de equipamentos de precisão; pretende-se observar a funcionalidade atual e global desta mesma paisagem (dinâmica climática e hidrodinâmica);

## 2.2 BACIAS HIDROGRÁFICAS – IMPORTANTES RECURSOS DE DELIMITAÇÃO PARA O PLANEJAMENTO E MAPEAMENTO

“Bacia Hidrográfica é uma área da superfície terrestre drenada por um rio principal e seus tributários. Ela representa a área de captação natural da água da precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída, o exutório. A bacia de drenagem é delimitada pelos divisores de água, a partir da definição de um ponto de saída.” (NOVO, 2008 p. 220).

Ainda, “o conceito de bacia hidrográfica deve incluir também a noção de dinamismo, por causa das modificações que ocorrem nas linhas divisoras de água sob o efeito dos agentes erosivos, alargando ou diminuindo a área da bacia.” (GUERRA, 1966 p. 47). Podem ainda ser litorâneas e centrais ou interiores. “A noção de bacia hidrográfica obriga naturalmente à existência de cabeceiras ou nascentes, divisores d’água, cursos d’água principais, afluentes, subafluentes”. (GUERRA, 1966 p. 47). É comum o emprego da expressão bacia hidrográfica como sinônimo de vale, como ex.: Bacia do São Francisco ou Vale do São Francisco, Bacia do Rio Itajaí ou Vale do Rio Itajaí.

### 2.2.1 Delimitação e escalas de trabalhos em Bacias de Hidrográficas

A análise hidrológica e geomorfológica em subsistemas de encosta ou canais, que compõe os sistemas de drenagem, por vezes requer a delimitação da área de contribuição de água para um determinado ponto de saída da bacia, ou seja, o traçado dos divisores de drenagem (CUNHA; GUERRA, 2002). As Bacias Hidrográficas correspondem ao melhor recorte espacial para o planejamento territorial. Ela cumpre sua função principalmente como área que capta, percorre e descarrega a água pelos modelados do relevo. Entender e mapear estes processos são importante instrumento para conservar e preservar os recursos naturais bem como são aspectos fundamentais para delimitar áreas de risco a escorregamentos, corridas de detritos, inundações e enchentes.

A ideia da área de contribuição pressupõe que toda a água da chuva que atinge o horizonte mineral do solo da bacia irá escoar, na superfície ou sub-superficialmente, desde os divisores de águas até os

fundos dos vales, onde então serão coletados pelo sistema de canais. Ressalta-se, porém, que, sob determinadas condições lito-estruturais do substrato rochoso, pode ocorrer a transferência de águas entre bacia vizinhas (CUNHA; GUERRA, 2002).

A bacia de drenagem pode ser dividida em sub-bacias e microbacias, as quais são unidades de estudo e planejamento, definidas operacionalmente em função das aplicações a que se destinam. O Decreto Lei número 94.076, de 5 de março de 1987 (que criou o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas - PNMH), define a microbacia com uma área drenada por um curso d'água e seus afluentes, a montante de uma determinada seção transversal, para a qual convergem as águas que drenam a área considerada. É entendida como uma unidade espacial mínima, definida pelos canais fluviais de primeira ordem (FLORENZANO, 2008).

Também é importante observar que a escala da carta utilizada fornecerá certo nível de informação; a escolha da escala deve ser adequada ao nível de detalhamento exigido pela análise hidrológica e geomorfológica, de acordo com o objetivo pretendido.

Dessa escala vai depender também a hierarquização do sistema de drenagem, através do qual se define uma ordenação da rede principal dos fluxos d'água que se articulam ao longo dos eixos de fundos de vales, entre bacias adjacentes. Significa que dentro de uma bacia podem ocorrer diversas outras sub-bacias de ordem hierárquica inferior. (CUNHA; GUERRA, 2002). A ordem oferece maior significado hidrológico que a toponímia. Ex.: numa mesma escala e num mesmo tipo de ambiente um rio de 1ª ordem terá sempre menor volume que um rio de 2ª ordem (cursos d'água principais, afluentes, subafluentes)

Neste contexto, a bacia de drenagem é considerada um sistema fundamental nas pesquisas geomorfológicas. Sua estruturação como sistema aberto, com entrada e saída de energia e matéria, facilita a identificação e a delimitação dos diferentes subsistemas componentes como, por exemplo, a vertente (ROSS, 2006).

## 2.3 ASPECTOS FÍSICOS REGIONAIS – USO DO SOLO, GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

### 2.3.1 Uso do Solo

Segundo Mantovani (2003), bioma é a mais ampla comunidade biótica reconhecida no nível geográfico, sendo definido como uma subdivisão biológica que reflete as características ecológicas e fisionômica da vegetação. Corresponde, de um modo geral, às regiões climáticas, ainda que outros fatores ambientais possam ser importantes. Ou ainda o...“(...) bioma é o equivalente aos termos formação vegetal e tipos de formação, que são tipos de vegetação mundiais, com uma aparência de vida uniformes.” (MATOVANI, 2003 p. 367)

A área de estudo encontra-se dentro do Bioma Mata Atlântica (no domínio da Floresta Ombrófila Densa (floresta pluvial tropical) Formação Submontana (entre 24° S e 32°S com altitude variando de 30 a 400m) (IBGE, 1992). Esta floresta latifoliada ombrófila “se caracteriza principalmente pela sua grande pujança, elevada densidade e extraordinária heterogeneidade, quanto às espécies de árvores altas, médias e arbustos, bem como um elevado número de epífitas e lianas lenhosas“ (KLEIN, 1980).

Floresta é o termo semelhante à mata no sentido popular, tem conceituação bastante diversificada, mas firmada cientificamente como sendo um conjunto de sinúsias dominadas por fanerófitos, espécies lenhosas, com quatro estratos bem definidos (arbustivo, arvoreta, arbóreo, além do estrato herbáceo). O termo Floresta Ombrófila Densa, substituiu pluvial (de origem latina) por ombrófila (de origem grega), ambos com o mesmo significado “amigo das chuvas”. IBGE, 1992

Segundo Klein (1979) a Mata Pluvial da Encosta Atlântica que, cobre 80% da Bacia do Rio Itajaí se estende ao longo das Serras de Tijucas, Itajaí, Faxinais, Mirador subindo pelas encostas até altitudes de 600 a 800 m. Mais tarde outros termos foram empregados como, Floresta Perenifólia Higrófila Costeira, Floresta Tropical Atlântica e Mata Pluvial Tropical.

Uma obra importante sobre a vegetação do Vale do Itajaí foi realizada por Klein (1979/1980) intitulada Ecologia da Flora e vegetação do Vale do Itajaí/SC classifica a flora e vegetação em: Vegetação Litorânea; Mata Pluvial da Encosta Atlântica; Floresta de

Pinheiros; Matinha Nebular; e Campos descrevendo estas diferentes fitofisionomias.

Estas fitofisionomias podem ser caracterizadas pela sua elevada densidade, tolerância a sombra, pujança e heterogeneidade possuindo árvores altas, médias e arbustos além da presença de epífitas, plantas que se apóiam sobre outras, lianas lenhosas nas quais os cipós são os representantes mais característicos e pteridófitas, grupo de plantas sem flores, cobrindo quase que completamente o solo. Observa-se elevado número de espécies epífitas e lianas lenhosas, os troncos são repletos de musgos, líquens e hepáticas favorecidas pelo ambiente úmido. (KLEIN, 1979).

Tais características resultam das condições climáticas tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25°C) e de alta precipitação, bem distribuídas durante o ano, influenciadas pela forma de relevo e condições do solo. IBGE (1992).

Sendo a maior parte do Vale do Itajaí, constituído de estreitos e profundos vales, as encostas apresentam terrenos muito íngremes, cobertos por floresta bastante diversificada formando agrupamentos distintos nas diferentes alturas das encostas. Klein (1980) em suas observações descreve os agrupamentos vegetais utilizando-se da conceituação de VELOSO E KLEIN, 1957, 1959 (*apud* KLEIN 1980) que distinguem os agrupamentos no início da encosta, à meia altura e no alto. A distribuição das espécies em determinadas zonas está associada à umidade do solo, topografia e ao gradiente altitudinal demonstrado conforme **Quadro 1**.

**Quadro 1** - Distribuição das espécies em diferentes zonas associada à umidade do solo, topografia e ao gradiente altitudinal.

<b>Pico de morro (elúvio)</b>	as espécies são de porte pequeno, a médio devido às condições menos favoráveis, onde os solos apresentam rápida drenagem, baixo teor de nutrientes e as plantas estão expostas diretamente à radiação solar e correntes de ventos. Estas condições desenvolvem uma vegetação mais aberta, uniforme e menos desenvolvida. A presença de uma camada de folhas úmidas é o que fornece condições à germinação e desenvolvimento das plantas.
<b>Encosta íngreme (Escarpa)</b>	a topografia torna a drenagem muito rápida e conseqüentemente o solo mais enxuto, para isto as espécies devem desenvolver habilidades específicas, já que nesta zona sofrem o impacto de enxurradas e o solo raso torna a sustentação mais difícil. As espécies dominantes são a capiúva de copas largas presente em abundância e distribuída regularmente e, a canela-amarela com copas menores está presente onde as altitudes variam de 300 a 400 m. Presença de arbustos dominados por espécies xerófitas como a guaricana, copororoca e pixirica ocorrendo em um numero pequeno de espécies porém em grande quantidade de indivíduos.
<b>Encosta suave e colúvios</b>	a topografia suave e uniforme permite a formação de abundante camada de serrapilheira mantendo a drenagem mais pausada e o solo mais

	desenvolvido e úmido, estas características tornam a zona a possuidora da maior diversidade de espécies. As matas são mais desenvolvidas e uniformes, com árvores altas e copas bem desenvolvidas formando uma cobertura densa onde a entrada de raios solares se torna escassa. Desenvolve-se uma vegetação não tolerante ao sol (ciófitas), bastante densa. Em virtude das condições dos solos desenvolve-se vegetação mais alta, uniforme e bem distribuída. Predominância de canela-preta árvore de copas largas, densifoliada de cor verde-luzente e troncos grossos, os quais muitas vezes dão suporte às espécies epífitas, muito comuns neste tipo de vegetação. Também dominam este tipo de encostas, os xaxins que se distribuem irregularmente nas depressões ou terrenos mais abertos, bem como o caeté, encontrado em maior abundância no início das encostas e no fundo dos vales e o palmito que domina o estrato médio diminuindo de quantidade e tamanho no alto das encostas.
<b>Fundo de vale (alúvio)</b>	Ambiente altamente seletivo de solo muito úmido exige adaptações especiais como raízes superficiais para respiração ou tabulares que assegurem a sustentação. Predomínio de espécies higrófilas, as quais ocorrem em microambientes de solos úmidos e, acompanhadas de espécies indiferentes que aparecem em qualquer ambiente sem apresentarem preferência por determinado tipo de solo. Predominância de laranjeira-do-mato, tapiá-guaçu planta que tem afinidade com diversos tipos de solo, palmito e xaxim.

Fonte: VELOSO E KLEIN, 1957, 1959 (*apud* KLEIN 1980).

### 2.3.2 Aspectos Geológico-Geomorfológicos

Segundo Scheibe (1986), podemos descrever a geologia de Santa Catarina de uma maneira mais simplificada em quatro faixas na direção N-S: De leste para oeste, afloram hoje no território Catarinense os sedimentos recentes do litoral (Faixa 1); uma faixa de rochas magmáticas e metamórficas mais antigas (Faixa 2); a sucessão das rochas sedimentares gondwânicas (Faixa 3); e os derrames de lavas básicas, intermediárias e ácidas da Serra Geral”

A área em estudo localiza-se assentada na faixa do Escudo Cristalino, compreendendo a formação do Grupo Itajaí e Complexo Luiz Alves. Situa-se na Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí que possui aproximadamente 15.000 km<sup>2</sup>. Seus limites são estabelecidos pela Serra Geral e Serra dos Espigões a Oeste, das Serras da Boa Vista, dos Faxinais e do Tijucas ao sul e das Serras da Moema e Jaraguá ao norte (AUMONDO *et al*, 2009)

A unidade geomorfológica Serras do Itajaí tem como característica principal a seqüência de serras dispostas de maneira subparalela, com orientação predominante NE-SW, cuja representação nesta Bacia se dá pelas serras do Itajaí, de Jaraguá, e do Tijucas (SANTA CATARINA, 1986), e são predominantemente constituídas por rochas ígneas do Pré-Cambriano. Este tipo de relevo tem as características de vales profundos e formato de “V”, “com encostas com

declividade acentuada e sulcadas, separadas por cristas bem marcadas na paisagem” (SANTA CATARINA, 1986, p. 43), devido sua intensa dissecação, que em grande parte é controlada estruturalmente, resultando num modelado de dissecação diferencial.

Destaca-se que a Bacia do rio Itajaí-Açu era durante o Gondwana um planalto, que passou por diversos ciclos. Deste planalto restaram algumas elevações formadas pela ação erosiva dos rios, em maior número na margem esquerda do Itajaí-Açu, ao longo dos rios do Testo, Itoupava, e das sub-bacias Luiz Alves e Benedito. Essas elevações são relevos residuais de dissecação, representando morros testemunhos, destacando os morros do Baú e Spitzkopf (BRASIL, 1984).

### 2.3.2.1 Complexo Luiz Alves (Complexo Granulítico)

O **Complexo Luiz Alves** trata-se de uma assembléia petrotectônica de rochas metamórficas principalmente de faces granulito, composição básica intermediária, gerada no Arqueano e Proterozóico Inferior. Para Basei (1985) citado de Biondi, *et al* (1992), todas as rochas do complexo granulítico teriam idade mínima de 2,8Ga.

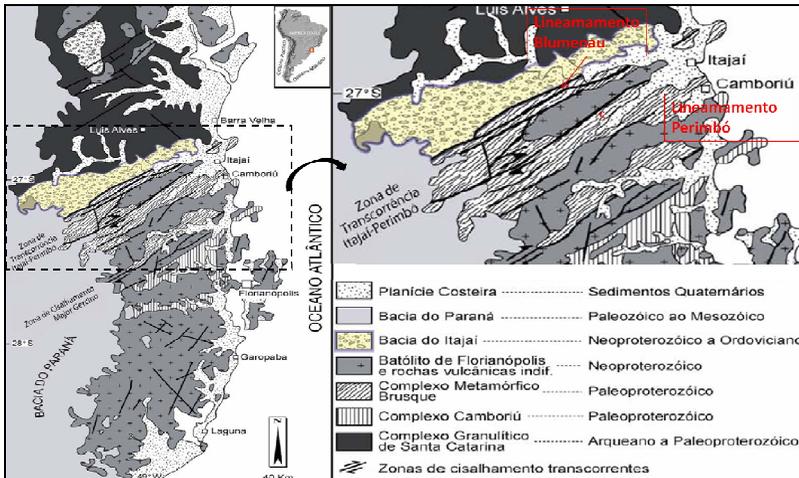
As rochas metamórficas de faces granulito se expressam por: gnaisses noríticos, gnaisses endebíticos, gnaisses-silicáticos, gnaisses cálcio-silicáticos, gnaisses Kinzigíticos, anotositos, quartzitos e ultramáficos. As rochas pertencentes às outras fácies (fácies anfibólio, epidoto-anfibólio e xistos verdes) são as seguintes: biotita-gnaisses, hornblenda-biotita-gnaisses, metatonalitos, metagabros, anfibolitos, diatexistos, metaxistos, serpentinitos, xistos magnesianos e rochas cataclásticas. (SANTA CATARINA, 1986)

O Complexo Granulítico do Luis Alves, segundo Biondi, *et al* (1992), é constituído por gnaisses e granulitos. Este complexo contém granulitos (30-65% de plagioclásio, 0-42% de ortoclásio, 0-50% de microclínio, 40% de quartzo, 0-10% de diopsídio, 0-60% de hornblenda, 10% de "hiperstênio" e 0-7% de biotita, além de até 4% de opacos mais, em nível de tração ou com ocorrência local, apatita, zircão, rutilo, clorita, epidoto, titanita, actinolita, carbonato, oxido de ferro, talco, serpentina e sericita), "hiperstênio" gnaisses quartzo feldspáticos, biotita gnaisses e migmatitos bandados, além de blastomilonitos e protomilonitos derivados dessas rochas. Entre as rochas menos deformadas predominam os noritos e enderbitos, secundados por piroxenitos e hornblenda piroxenitos. Não são raras as ocorrências de quartzitos ferruginosos.

Este complexo está situado no nordeste do Estado de Santa Catarina, estende-se a norte para além da divisa com o Estado do Paraná, enquanto o limite sul é o lineamento de Blumenau, uma extensa zona de transcorrência situada em torno do paralelo de 27, com orientação E-NE e extensão de 100km, e que coloca em contato com rochas do Grupo Itajaí (Figura 3). A oeste o complexo é recoberto pelos depósitos paleozóicos da Bacia do Paraná e, sua extremidade nordeste, é invadida por corpos graníticos anorogénicos de afinidade alcalina e recobertos pela sequência vulcano-sedimentar eopaleozóica. A área aflorante no estado é cerca de 8.500 km<sup>2</sup>. (HARTMANN *et al*, 1979 *apud* SCHEIBE, 1986).

Nestas áreas onde afloram o Complexo Luiz Alves é comum a presença de pacotes de solos muito espessos podendo chegar a 40m.

O Complexo Granulítico está cortado por numerosas falhas e zonas de cisalhamento, com destaque para o lineamento ou zona de cisalhamento Perimbó, com direção N55°E, que coloca as rochas deste complexo em contato com as rochas dos grupos Brusque e Itajaí, respectivamente (**Figura 3**). Ocorrem também falhas e zonas de cisalhamento nos quadrantes N80°E, N20°E e N30°W. Estas estruturas controlam os vales fluviais profundos e retilíneos. Estes vales, muitas vezes, são preenchidos por depósitos sedimentares colúvio-aluvionares. (TOMAZZOLI *et al*, 2010).

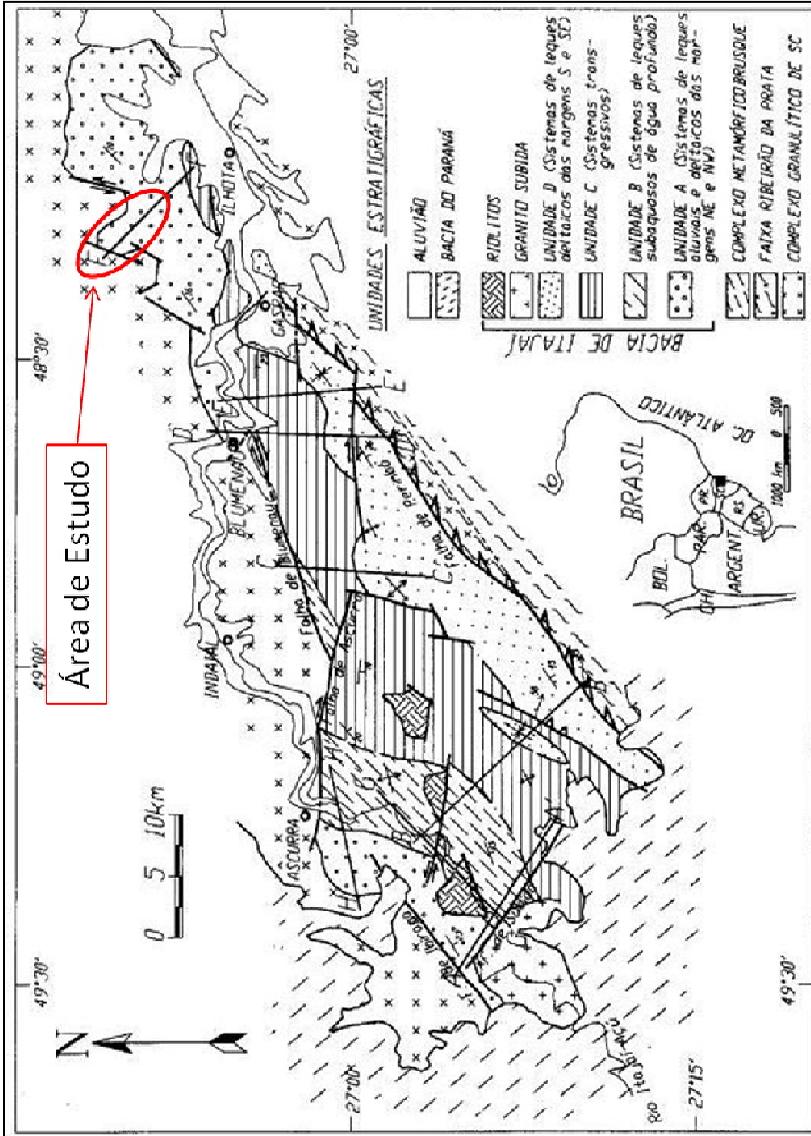


**Figura 3:** Mapa geológico do Escudo Catarinense. Fonte: Adaptado de Chemale Jr. *et al* (2003).

### 2.3.2.2 Grupo Itajaí

O Grupo Itajaí situa-se a leste do Estado de Santa Catarina abrangendo uma área aproximada de 1800 km<sup>2</sup>. Consiste em sedimentos siliclásticos terrígenos depositados no final do Proterozóico Superior, correspondendo a uma bacia molássica brasileira que repousa sobre os tratos granulíticos do Complexo Luiz Alves (ROSTIROLLA, *et al.* 1992) conforme demonstrado na **figura 4**.

Basei (1985) *apud* Biondi, *et al* (1992) descrevem a bacia como alongada e limitada, na maior parte do seu perímetro, por falhas e zonas de cisalhamento que a separam do Complexo Granulítico de Santa Catarina. A oeste, a bacia sedimentar do Itajaí é recoberta por rochas da bacia do Paraná. As rochas do Grupo Itajaí têm idades variadas entre  $580 \pm 40$  Ma e  $540 \pm 10$  Ma, tendo sido submetidas a um anquimetamorfismo há cerca de 535 Ma.



**Figura 4:** Mapa geológico do Grupo Itajaí dando destaque a área de estudo. Fonte: Rostirolla, *et al* (1992).

Scheibe (1986) questiona a cronologia que se encontra esta formação, entendendo que o limite aceito para o Pré-Cambriano é da

ordem de 600 m.a. e que os fenômenos de granitogênese pós-tectônica e anorogênica, com idade de 540 e 510 m.a., respectivamente, deverão ser colocados, junto com o Grupo Itajaí, no Cambro-Ordoviciano, e não no proterozóico Superior. No entanto são diversos os autores que utilizam o Grupo Itajaí no Proterozóico Superior: IBGE (2005); Rostirolla, *et al* (1992); SANTA CATARINA (1996), sendo quase que consenso entre os autores.

Schroeder (2006) apontou diversos autores que procuraram sumarizar a história geológica do Grupo Itajaí, conforme esquematizado no **quadro 2**.

**Quadro 2** - Evolução das colunas estratigráficas proposta para a Bacia do Itajaí ao longo do tempo segundo Schroeder (2006).

Fonseca 2004	Seqüência IV	Seqüência III	Seqüência II	Seqüência I
Rostrolla <i>et al.</i> 1992; 1999	Legues Delatcos Paraseqüências Kasas	Complexo Turbidítico	Turbiditos Distais	Depósitos Baciais Legue Programada Fan Deltas
Appli 1991	Seqüência Inferior Gaspar	Sistema Turbidítico de Apitna	Platorma Neisse	Sistema de Legues de Faxinal
Appli & Souza-Cruz 1990	Seqüência Inferior Continental	Formação Gaspar	Seqüência Superior Subaquosa	Bacinal
Basei 1985	Subunidade Arenosa Conglomerática	Subunidade Arenosiltítica	Subunidade Siltico Arenítica	Subunidade Argilo Siltítica
Krebs <i>et al.</i> 1982	Formação Gaspar Depósitos Fluviais e Delatcos	Formação Gaspar Depósitos Fluviais e Delatcos	Formação Campo Alegre Depósitos Lacustres e Turbiditos Intercalados	Formação Campo Alegre
Silva & Dias 1981	Formação Gaspar	Formação Campo Alegre	Formação Campo Alegre	Formação Gaspar
Kaul 1976	Formação Garcia	Formação Campo Alegre	Formação Campo Alegre	Formação Gaspar
Schulz Jr. & Albuquerque 1969	Formação Garcia	Formação Campo Alegre	Formação Baú	Formação Gaspar
Salamuni <i>et al.</i> 1961	Formação Garcia	Formação Gaspar	Formação Gaspar	Formação Gaspar
Maaack 1947	Formação Iberama	Formação Gaspar	Riolitos e Granitos	Formação Blumenau

Para Biondi, *et al* (1992) todos esses autores reconheceram a presença de domos riolíticos e graníticos na porção oeste, aflorante, do Grupo Itajaí, além da presença esparsa de diques riolíticos e riodacíticos e de tufos em diversas outras regiões

O magmatismo concentrou-se no final do preenchimento da bacia, aflorando em meio as rochas das unidades superiores (Formação Campo Alegre ou Sequência Garcia ou unidade C, conforme o autor). Após o término do magmatismo ( $\pm 541 \pm 26$  Ma) toda a região sofreu um metamorfismo de grau incipiente (anquimetamorfismo) que possibilitou o aparecimento de sericita em algumas rochas ( $534 \pm 4$  Ma) Biondi, *et al* (1992).

### 2.3.2.2.1 Tectônica Formadora da Bacia do Itajaí

Schroeder (2006); Rostirolla, *et al* (1992) citam diversas classificações e modelos tectônicos da formação da bacia conforme esquematizado no **quadro 3**:

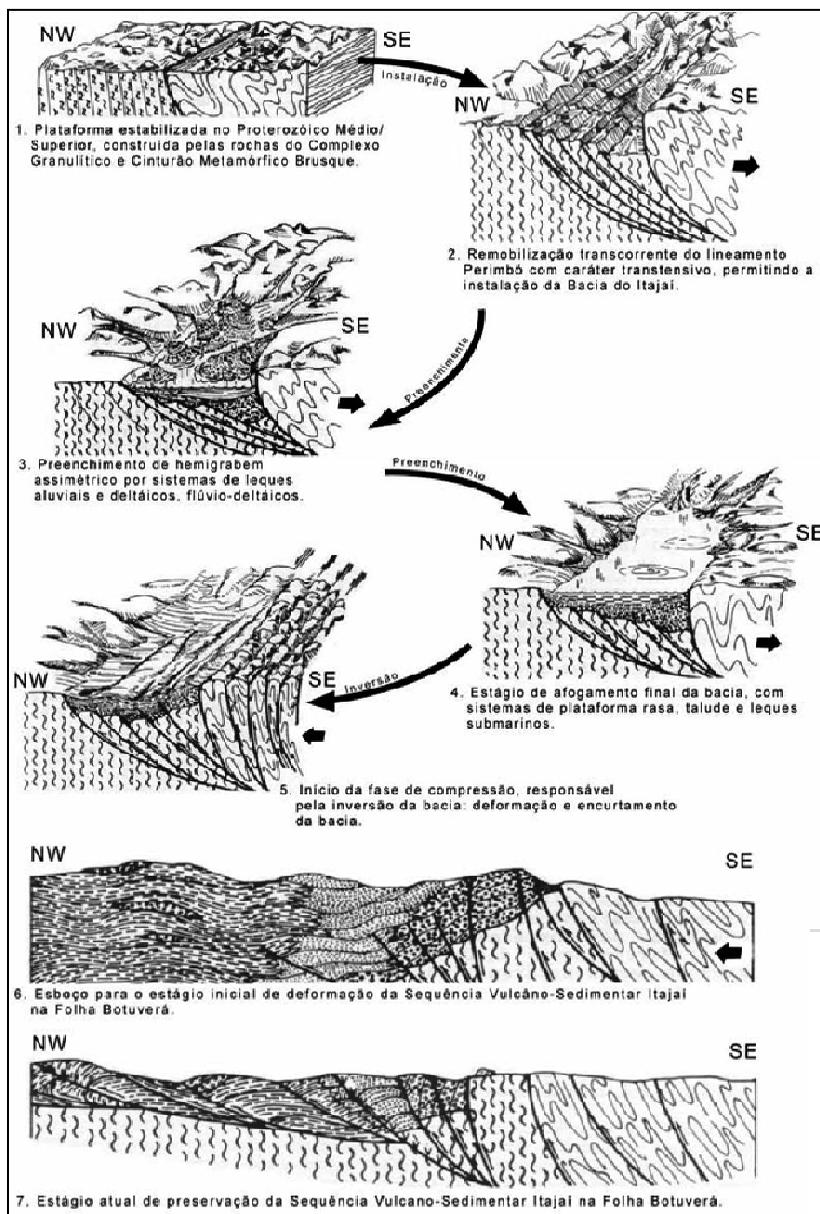
**Quadro 3:** Diferentes hipóteses de modelos tectônicos da Formação da Bacia do Itajaí segundo Schroeder (2006); Rostirolla, *et al* (1992).

Autor	Classificações e modelos tectônicos
Basei (1985)	Bacia do tipo “rifte de foreland” (molássica)
Issler (1985)	Bacia periférica
Silva (1987)	Rifte intracratônico
Atlas de Santa Catarina (1986)	Calha tectônica Itajaí, “rift”, fossa entre falhas
Soares (1988)	Bacia molássica tardi-colisional
Krebs, <i>et al</i> (1990)	Bacia trastensiva ( <i>pull-apart</i> )
Gresse, <i>et al</i> (1996)	Bacia de antepaís de retroarco
Appi (1991)	Bacia gerada em ambiente localmente distensivo, com formação de rifte.
Rostirolla, <i>et al</i> (1992; 1999)	Típica bacia de <i>foreland</i> relacionada a um evento colisional (bacia molássica brasileira)

Estudos de geologia estrutural, realizado por Rostirolla, *et al* (1992), evidenciaram estruturas referentes aos processos tectônicos responsáveis pela deformação da bacia, identificando duas fases de

deformação. A primeira, ocorrida sob regime tectônico compressivo, é apontada como sendo a principal responsável pela estruturação da deformação da bacia. A segunda possui intensidade menor e representa a reativação distensiva, invertendo assim, a cinemática das estruturas geradas durante o primeiro evento.

A evolução tectônica da bacia segundo Krebs *et al*, (1990) ocorreu da seguinte forma: uma fase de implantação; uma fase de inversão; e citam ainda, uma deformação tardia relacionada com a intrusão de granitóides (**figura 5**). A fase de implantação da bacia é apresentada como fruto de “reativação das falhas transcorrestes verticias do sistema N50-60E (Lineamento Perimbó)”, provocando por um possível “choque oblíquo continente-continente”.



**Figura 5:** Modelo esquemático mostrando a evolução tectônica da Bacia do Itajaí segundo Krebs *et al.* (1990).

### 2.3.2.2.2 *Litologia do Grupo Itajaí*

A Bacia do Itajaí (Grupo Itajaí), segundo Schroeder (2006), é combinada da base para o topo de: conglomerado e arenitos de leques aluviais, pacotes onde predominam arenitos com geometria sigmoidal de frente deltaica, depósitos de conglomerados e arenitos com estratificações festonadas de origem fluvial, ritmitos turbidíticos e pelitos marinho profundo. Muitas camadas de tufos estão interdigitadas com os sedimentos da bacia. Granitos e riolitos hipabissais cortam toda a seqüência.

A classificação adotada pelo DNPM (SANTA CATARINA, 1986) e descrita por Scheibe (1986) descreve duas formações do Grupo Itajaí:

#### *Formação Gaspar (Inferior)*

Arenitos lito-feldpáticos médios e grosseiros, de coloração bordô predominante, com eventuais intercalações de ortoconglomerados petromíticos com abundantes clastos subangulosos a subarredondados em matriz arenítica lito-féldspática bordô, principalmente na porção média; intercalações de paraconglomerados com clastos angulosos de composição variada e matriz argilosa bordô, próximo à base; eventuais intercalações de tufos de riodacitos, na porção superior. (SCHEIBE, 1986).

#### *Formação Campo Alegre (Superior)*

Da base para o topo: seqüência de rochas efusivas básicas e intermediárias com pequenas participação de vulcanitos ácidos e rochas sedimentares epivolcanoclásticas; seqüência rítmica de arenitos finos e pelitos de coloração verde e cinza com intercalações de tufos e derrames básicos e intermediários, cortada por diques de mesma composição; seqüência de vulcânicas e piroclásticas ácidas, principalmente traquitos e riolitos e subordinadamente felsitos, tranquiandesitos, dacitos e meláfiros com raras intercalações de folhelhos e siltitos avermelhados; sequencia rítmica de folhelhos e siltitos esverdeados com intercalações de tufos. (SCHEIBE, 1986).

As rochas da Formação Gaspar estariam limitadas à porção basal, aflorando especialmente nas bordas da Bacia do Itajaí e da Bacia de

Campo Alegre, no centro norte e no extremo norte do escudo catarinense. As da Formação Campo Alegre ocorreriam nas porções centrais (superiores) dessas bacias. (SCHEIBE, 1986).

Essas rochas do Grupo Itajaí ocorrem em camadas superpostas com pequenas a médias inclinações para sul-sudeste, constituindo elevações do tipo mesa, estes raros, ou em forma de *cuesta*, devido às inclinações mais pronunciadas. O próprio Morro do Baú pode ser interpretado como uma elevação desse tipo. É constituído pela superposição de camadas inclinadas de conglomerado e arenito que, nesse caso, estão mais fortemente cimentadas por sílica, conferindo grande resistência dessas rochas à erosão diferencial (TOMAZZOLI et al, 2009). Constituem-se, assim, num morro-testemunho, destacado devido a sua maior elevação, soerguido em forma de *Horst* por um sistema de falhas de sentido L-W. É o remanescente da formação do Grupo Itajaí mais ao norte sobre e em contato com o Complexo Luis Alves.

São frequentes os arenitos, siltitos e argilitos intercalados uns com outros, falhados. Muitos blocos rochosos inclinados no setor oeste dos afloramentos apresentam-se em formas escarpadas na lateral da rodovia SC-470, mas não apenas. Esta situação dos corpos de rochas sedimentares, incluindo os conglomerados e arenitos conglomeráticos, tem significados para as águas naquele vale, tanto física como quimicamente. Elas são fontes de sedimentos de granulometria variada que podem interferir no escoamento das águas nos períodos de cheias e inundações (GRANDO 2011).

### 2.3.2.3 Cobertura Sedimentar Quaternária (IBGE. 2002)

#### *Sedimentos Colúvio Aluvionares Continentais - Pleistocênicos*

Englobam tanto os terraços arenosos antigos, possivelmente pleistocênicos, como os depósitos de pé de encosta e os aluviões sub-atuais. São constituídos, geralmente, por uma alternância de níveis ou lentes arenosas e argilosas, mal selecionadas, com a presença frequente de horizontes de seixos e calhaus, os quais se tornam mais expressivos próximos às áreas fontes. A estratificação cruzada é frequente, bem como o acamadamento gradacional e estruturas de colapso.

### *Sedimentos Aluvionares – Holocênicos*

Areias, cascalheiras e sedimentos siltico-argilosos, inconsolidados, depositados em planícies de inundação, terraços e calhas da rede fluvial atual

### *Sedimentos Colúvio Aluvionares – Holocênicos*

Depósitos de colúvio-elúvio e aluviões recentes, constituídos por sedimentos inconsolidados, com grande variação granulométrica, incluindo depósitos areno-argilosos e areno-siltico argilosos, com estratificação incipiente ou ausente, incluindo depósitos "*in situ*".

### **2.3.3 Modelados de encostas: cabeceiras de drenagem e rampas de colúvio, importantes aspectos a serem considerados**

A partir do entendimento dos processos que atuam na encosta é possível considerar os modelados do relevo como cabeceiras de drenagem e rampas de colúvio importantes por serem formados muitas vezes a partir de movimentos gravitacionais de massa, iniciando-se e erodindo as cabeceiras de primeira ordem e depositando nas partes mais baixas da encostas dando origem as rampas de colúvio.

#### 2.3.3.1 Cabeceira de drenagem

As características geométricas das cabeceiras de drenagem em anfiteatro condicionam fortemente os processos de escoamento de água e o transporte de sedimentos, concentrando nas concavidades fluxos d'água sub-superficiais, favorecendo o aumento da poro-pressão e a geração de fluxos superficiais na porção inferior, que quando intensificados em períodos de elevada pluviosidade, podem produzir rupturas nestas áreas (DIETRICH *et al.*, 1994 *apud* MOURA; SILVA, 2006). As cabeceiras de drenagem têm em comum a topografia côncava (para cima), no entanto podem variar em suas características morfológicas, tamanho, profundidade e declividade. Podem ser unidades simples ou podem conter uma ou mais concavidades menores que convergem e alimentam a concavidade principal (COELHO NETTO, 2003).

As cabeceiras de drenagem referem-se a vales não canalizados, denominados bacias ou vales de ordem zero. Correspondem aos primeiros formadores da rede de drenagem, podendo constituir o prolongamento direto da nascente dos canais fluviais de primeira ordem. São feições geomorfológicas muito frequentes em domínios morfológicos de encostas recobertas por espessos regolitos, em ambientes subtropical e tropical úmido. (GUERRA, 1966 p 97)

O deslocamento das linhas de fluxo, dentro das cabeceiras de drenagem pelos fenômenos de erosão linear acelerada / movimentos gravitacionais de massa, pode promover mudanças no posicionamento dos segmentos de encostas, gerando também fenômenos de inversão do relevo (inversões intra-anfiteatro) (MOURA; SILVA, 2006).

### 2.3.3.2 Rampas de colúvio

Complexos de Rampa de Colúvio são feições deposicionais inclinadas, associadas à coalescência de depósitos coluviais que se desenvolvem em relação as reentrâncias (*hollows*) e fundos de vale (MOURA; SILVA, 2006). O colúvio corresponde ao material que sofreu deslocamento da vertente, isto é, o resultado da movimentação do elúvio. A designação colúvio e de caráter geral aplicada aos depósitos encontrados no sopé de uma vertente ou escarpa, sendo para aí transportados pela ação da gravidade. Bigarella (1994) preferiu adotar o termo colúvio (*sensu stricto*) para os depósitos onde predominam os movimentos de massa e utilizar a designação depósitos colúvio-aluvionares aqueles que prevalecem os processos de escoamento superficial das vertentes.

Os depósitos de encosta (colúvios) foram estudados por Moura; Silva (2006) no Relevo colinoso do Planalto Sudoeste do Brasil, associados a uma dinâmica de evolução dos sistemas de drenagem nos últimos milhares de anos (Período Quaternário). As feições dessas rampas ganham importância no modelado das encostas, especialmente porque configuram em superfície e em sub-superfície relações intrínsecas a dinâmica das cabeceiras de drenagem não canalizadas – anfiteatros, reproduzindo-se em diferentes escalas como unidades fundamentais de evolução do relevo.

Sobre o regolito profundamente alterado há a recorrência de processos erosivos, instabilizando-o com frequência, sendo possível gerar sucessivas camadas superpostas de materiais coluviais, posteriormente pedogeneizados. Apresentam-se com unidades

fundamentais de análise das encostas por expressar em uma visão tridimensional a distribuição dos solos e a orientação da dinâmica dos fluxos d'água superficiais e sub-superficiais (MOURA; SILVA, 2006).

Dentro de uma catena ideal, o colúvio seria encontrado recobrando as seções médias e inferiores das vertentes, aumentando a sua espessura quando diminuem os declives, entretanto então, em contato com o alúvio depositado pelo curso d'água no fundo do vale. Na seção superior da vertente passa a predominar o elúvio, salvo nos lugares onde aflora a rocha (BIGARELLA, 1994).

“as rochas podem se revestir de um máximo de regolitos por intemperismo químico (como é o caso do domínio dos “mares de morros”), mas frente a outros tipos de clima ou épocas de mudanças climáticas podem sofrer descarnações parciais ou extensivas de seus mantos de decomposição, de seus solos e de sua cobertura vegetal. Isto para não falar nas correlações estreitas existentes no interior de cada domínio morfoclimático entre as feições erosivas, as feições residuais e as feições deposicionais.” (BIGARELLA, 1994 p.62)

## 2.4 ÁREAS DE RISCO E DESASTRES NATURAIS: CONCEITOS

O próprio termo “risco natural” tem sido discutido ou questionado. Essa formulação pode parecer ambígua, uma vez que o risco é necessariamente construído pela sociedade. Ao utilizar o termo “natural”, enfatiza-se o processo (deslizamentos, por exemplo), que está na origem da construção do risco por um grupo social. (VEYRET, 2007)

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT e o Ministério das Cidades, com intuito de homogeneizar a terminologia empregada por diferentes profissionais que trabalham com o conhecimento de riscos naturais trás as seguintes definições para termos como evento, acidente, desastre, perigo, ameaça, suscetibilidade, vulnerabilidade, risco e o muito discutido “*hazard*”, demonstrado no **quadro 4**, a seguir:

#### Quadro 4: Classificação da terminologia empregada sobre riscos e Desastres Naturais.

Evento	Fenômeno com características, dimensões e localização geográfica registrada no tempo, sem causar danos econômicos e/ou sociais.
Perigo ( <i>hazard</i> )	Condição ou fenômeno com potencial para causar uma consequência desagradável.
Vulnerabilidade	Grau de perda para um dado elemento, grupo ou comunidade dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo.
Suscetibilidade	Indica a possibilidade de ocorrência de processos naturais e induzidos em uma dada área, expressando-se segundo classes de probabilidade de ocorrência.
Risco	Relação entre a possibilidade de ocorrência de um dado processo ou fenômeno, e a magnitude de danos e consequências sociais e/ou econômicas sobre um dado elemento, grupo ou comunidade. Quanto maior a vulnerabilidade maior o risco.
Áreas de risco	Área passível de ser atingida por um fenômeno ou processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais. Normalmente, no contexto das cidades brasileiras, essas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda (assentamentos precários).

Fonte: IPT 2007 e Ministério das Cidades, 2002.

No ano de 1991, a UNDRO (Agência de Coordenação das Nações Unidas para o Socorro em Desastres) elaborou um método para enfrentar os acidentes /ou desastres naturais. Onde existem programas de mitigações que envolvem uma seqüência de ações de prevenção e preparação que incluem: identificação dos riscos, análise dos riscos, medidas de prevenção, planejamento para situações de emergência e informações públicas e treinamento (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2006).

Ana Luiza Coelho Netto (2005) volta-se aos desafios correntes diante da necessidade urgente de se estabelecer medidas mitigadoras e preventivas dos problemas afins aos desastres naturais, ora enfocados por eventos extremos de chuvas, especialmente no que diz respeito à ocupação das encostas e fundos de vales. Os trabalhos da autora e equipe no Maciço da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, buscam um melhor entendimento das respostas geo-hidroecológicas às mudanças ambientais induzidas pelo uso urbano na interface com o ecossistema florestal. Assim, priorizou-se a análise dos *processos geoecológicos, hidrológicos e geomorfológicos afins*, a vulnerabilidade do

geoeossistema e a ocorrência de deslizamentos que impõem riscos sócio-ambientais de magnitude catastrófica.

Os riscos geomorfológicos estão enquadrados numa idéia de risco mais ampla, que é a de risco natural, pois os processos naturais fazem parte da dinâmica natural do nosso planeta. Assim, em se tratando de manifestações próprias da natureza, ocorrem independentes da presença do homem. Mas a ação humana pode acelerar, intensificar e induzir a ocorrência de muitos deles (enchentes, escorregamentos, erosão, etc.), especialmente devido às alterações ambientais provocadas pela ocupação. Portanto, a expressão processos naturais, na verdade engloba, também, os processos induzidos pelas atividades do homem (CERRI, 1999).

Assim para que exista risco duas variáveis são imprescindíveis, o perigo e o homem em seus diferentes graus e vulnerabilidade. É por esse motivo que o conceito implica a especificação do tipo de processo que uma comunidade está submetida (SAITO, 2008).

Um dos instrumentos eficientes de prevenção é o mapeamento de áreas de risco. A partir deste procedimento é possível elaborar medidas preventivas, planificar as situações de emergência e estabelecer ações conjuntas com as comunidades e o poder público, com o intuito de promover a defesa permanente contra os desastres naturais. As medidas preventivas estão associadas à identificação das áreas com maior potencial a serem afetadas, onde são hierarquizados os cenários de risco e a proposição de medidas corretivas (MARCELINO, 2008).

Um mapa de susceptibilidade a deslizamentos, por exemplo, deve propiciar informações sobre probabilidade espacial, probabilidade temporal, tipos, magnitudes e velocidades de avanço dos deslizamentos numa determinada área geográfica (FERNANDES; AMARAL, 1996).

Ainda, conforme Kobayama et al (2006) a classificação da intensidade de risco, elaborada num momento, não necessariamente servirá para outro momento, pois tanto as características de perigo bem como a vulnerabilidade podem ser diferentes para cada ocorrência de um novo desastre, variando temporal e espacialmente.

Santos (2011) aponta a necessidade de sistemas de alerta sobre a iminência de chuvas intensas, incluindo indispensavelmente o treinamento da população, especialmente considerando as condições emergenciais de curto prazo. Porém, fazer desses sistemas o foco principal das ações de governo pressupõe a adoção de uma equivocada estratégia de convivência com o risco, de aceitação e administração do risco, uma temerária acomodação frente ao que seria essencial e possível do ponto de vista corretivo e preventivo, qual seja, eliminar o risco.

Ainda, Santos (2011) aponta uma estruturação ideal de um programa ideal de redução de riscos geológico-geomorfológico-geotécnico (**Quadro 5**).

**Quadro 5** - Estruturação ideal de um Programa de Redução de Riscos Geológico-Geomorfológico-Geotécnico.

<b>GESTÃO DE RISCOS GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO-GEOTÉCNICOS LINHAS DE AÇÃO</b>		
<b>CARÁTER</b>	<b>AÇÕES</b>	<b>INSTRUMENTOS DE APOIO</b>
<b>PREVENTIVO</b>	Regulação técnica da expansão urbana impedindo-se radicalmente a ocupação de áreas de alta e muito alta suscetibilidade natural a riscos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MAPA DE SUSCETIBILIDADE</li> <li>• CARTA GEOTÉCNICA</li> </ul>
	Regulação técnica da expansão urbana obrigando que áreas de baixa e média suscetibilidade natural a riscos somente possam ser ocupadas com técnicas a elas adequadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CARTA GEOTÉCNICA</li> <li>• CÓDIGOS DE OBRA</li> </ul>
<b>CORRETIVO</b>	Reassentamento de moradores de áreas de alto e muito alto risco geológico natural.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CARTA DE RISCOS</li> </ul>
	Consolidação geotécnica de áreas de baixo e médio risco geológico natural e de áreas de risco induzido.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CARTA DE RISCOS</li> <li>• PROJETOS DE CONSOLIDAÇÃO GEOTÉCNICA</li> </ul>
<b>EMERGENCIAL</b>	Remoção imediata de moradores de áreas de alto e muito alto risco em situações críticas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CARTA DE RISCOS</li> </ul>
	Concepção e implementação de Planos Contingenciais de Defesa Civil com participação ativa da população.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CARTA DE RISCOS</li> <li>• SISTEMAS DE ALERTA</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Geól. Álvaro Rodrigues dos Santos. TRAGÉDIAS GEOLÓGICAS: O OBJETIVO DEVE ESTAR NA ELIMINAÇÃO DO RISCO

## 2.5 CLIMATOLOGIA E SISTEMAS ATMOSFÉRICOS EM SANTA CATARINA

Homero (2009) aponta o clima como provavelmente um dos melhores exemplos de um sistema complexo que não podem ser conhecidos em sua totalidade, sendo grande parte modelada a partir aproximações probabilísticas, não sendo determinísticas, porque não estamos em condições de explicar relações de causa e efeito com a precisão devida.

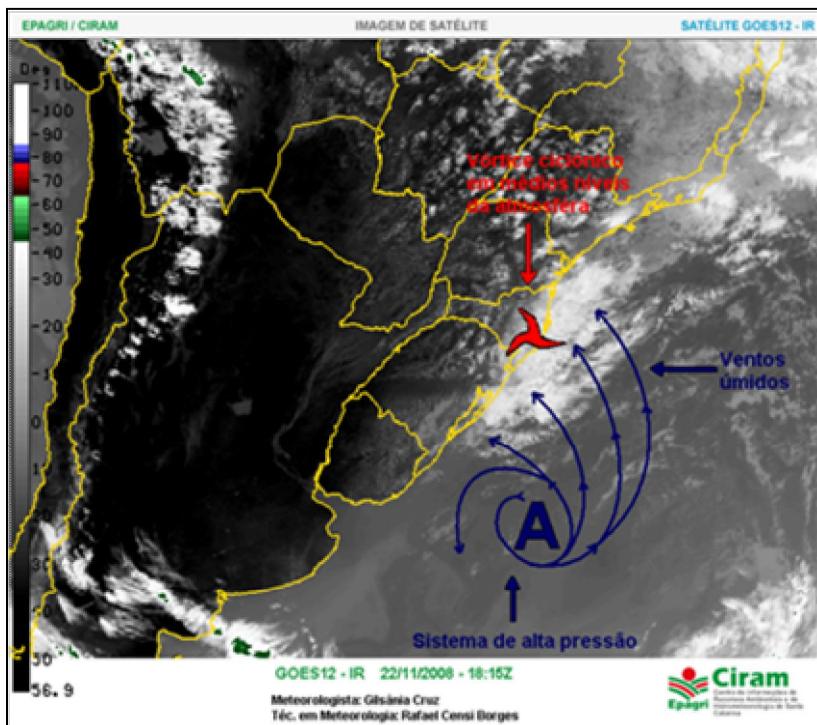
“(…), portanto, que exista uma mudança climática não é nenhuma novidade. O tempo muda todos os dias e o clima é a sucessão habitual e rítmica das séries de tempo. (HOMERO, 2009 p.11)”

Os sistemas atmosféricos instáveis em Santa Catarina, geralmente, estão inseridos nas massas de ar quente e úmidas onde ocorre a ascensão do ar aquecido, ou se desenvolvem pelo contraste térmico entre duas massas de ar com densidades diferentes. Estão associados, via de regra, às frentes frias, aos vórtices ciclônicos, aos cavados em baixos, médios e altos níveis atmosféricos, às baixas pressões em superfície, aos complexos convectivos de mesoescala, à convecção tropical, à Zona de Convergência do Atlântico Sul e aos jatos em médios e altos níveis (MONTEIRO; MENDONÇA, 2005).

As condições atmosféricas com intensas e concentradas chuvas, caracterizadas como excepcionais, sempre existiram no Estado de Santa Catarina. No Município de Blumenau, há registros de inundações datadas desde meados do século XIX, que resultaram no transbordamento do Rio Itajaí-Açu. Na época as condições não foram tão alarmantes devidos à baixa concentração populacional (HERMANN, *et al*, 2005). No entanto, o fato marcante ocorrido no Desastre em novembro de 2008 foi à ocorrência de movimentos gravitacionais de massa em proporções catastróficas.

### **2.5.1 O evento atmosférico de novembro de 2008 em Santa Catarina**

Os eventos de novembro foram precedidos de um longo período de precipitação iniciado em meados de agosto de 2008. O ápice das precipitações foi resultado de uma condição atmosférica onde a circulação sobre o Oceano Atlântico provocou ventos de Leste em níveis baixos da atmosfera desde 19 de novembro de 2008. Esta instabilidade atmosférica foi reforçada nos dias 21 a 23 de novembro por um Vórtice Ciclônico, também em níveis médios da atmosfera, provocou precipitações concentradas no Médio Vale do Itajaí (**Figura 6**).



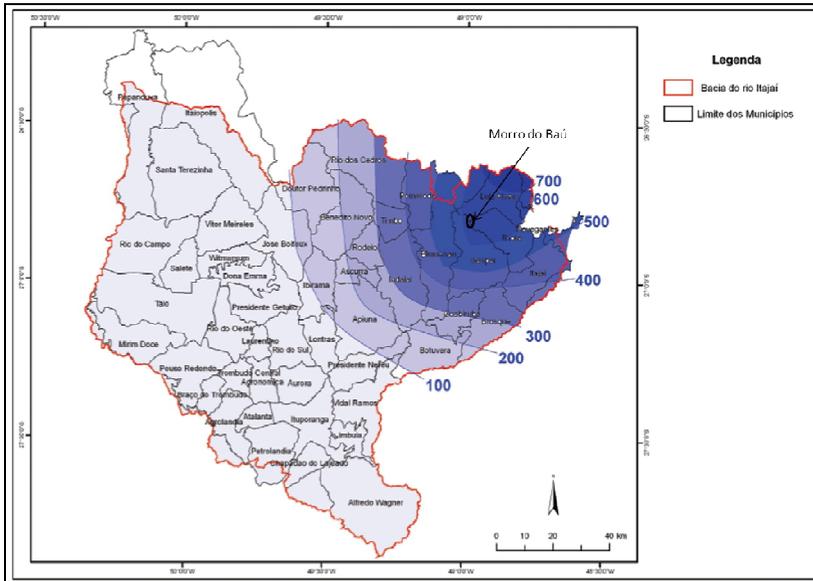
**Figura 6:** Condição atmosférica da Região Sul do Brasil em 22 de novembro de 2008. Fonte: Ciram – Epagri 27/11/2008.

Os índices pluviométricos registrados nos municípios de Blumenau, de 523,9 mm e Luiz Alves de 693 mm acumulados no período de 21/11 a 25/11, retratam o volume das precipitações (Tabela 2).

**Tabela 1:** Índices pluviométricos em estações meteorológicas de municípios do Vale do Itajaí. Fonte: Ciram – Epagri 27/11/2008.

Municípios	Precipitações (mm)					Total
	21/11/08 sexta	22/11/08 sábado	23/11/08 domingo	24/11/08 segunda	25/11/08 terça	
Indaial	27	6,2	110,8	107,6	15,6	267,2
Blumenau	42,6	21,2	236,2	214,6	9,4	523,9
Itajaí	89,4	133,3	180,9	74,2	3,9	481,7
Luiz Alves	131	158,6	136,2	250	17,2	693
São Francisco do Sul	57,4	163,6	303	71,8	8,9	604,7
Balneário Camboriú	86,4	117,8	251,6	85	16,7	557,5

Uma das características da precipitação neste evento foi sua distribuição irregular, ocorrendo um intenso gradiente de precipitação com orientação nordeste-sudoeste, com valores máximos próximos ao litoral e dos municípios de Luiz Alves, Ilhota, Gaspar e Blumenau (SEVERO, 2009) (**Figura 7**). Esta área representa também o maior número de escorregamentos no evento.



**Figura 7:** Total acumulado de precipitações entre 21 e 25 novembro 2008 na Bacia do Rio Itajaí. (Fonte: SEVERO, 2009)

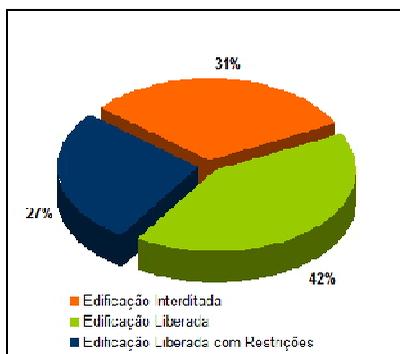
### 2.5.2 O Desastre sócio-ambiental de Novembro de 2008 em Santa Catarina

Os dados oficiais da Defesa Civil sobre o evento de Nov./2008 em Santa Catarina apontam que nove municípios decretaram situação de emergência e quatorze estado de calamidade pública. No dia 22 de novembro de 2008, o estado de Santa Catarina decretou situação de emergência por causa dos estragos provocados pela chuva em grande parte do estado. Segundo o site da defesa civil de Santa Catarina (<http://www.desastre.sc.gov.br>) foram confirmados 135 óbitos e 02

desaparecidos (sendo que mais de 97% das mortes causadas por soterramento) e 78.656 desalojados ou desabrigados. No total, 99 municípios decretaram situação de emergência e 14 decretaram estado de calamidade pública.

No evento de novembro de 2008 o município de Ilhota teve 3550 desabrigados e desalojados e 47 óbitos.

Os dados do Projeto Resposta ao Desastre em Santa Catarina em Novembro de 2008 que realizou uma avaliação das áreas atingidas por movimentos de massa e danos em edificações em Ilhota durante o Desastre (BRASIL, 2009), entre os meses de janeiro a abril de 2009, contam com 25 relatórios de vistoria técnica com 226 edificações avaliadas em área 100% Rural. Destas edificações 42% foi sugerida a interdição, 27% foram liberadas com restrição e 31% foram liberadas (**Gráfico 1**). Cabe ressaltar que os dados não contemplam o início do mês de janeiro, pois ainda estava se buscando a padronização e a consolidação do método com preenchimento da planilha padrão de dados.



**Gráfico 1:** Parecer técnico das edificações no município de Ilhota, SC. (Fonte: CEPED, 2009)

## Gráfico 1

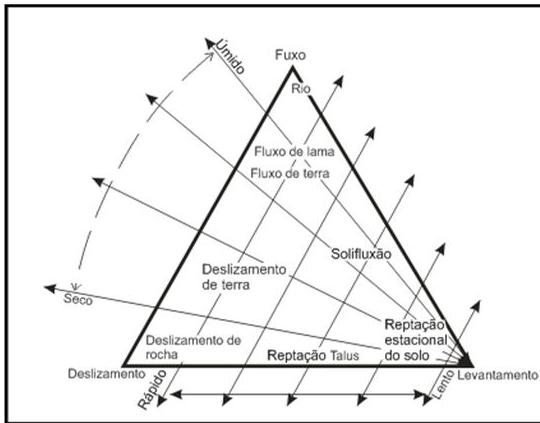
## 2.6 MOVIMENTOS DE MASSA

### 2.6.1 Conceituação

Os movimentos de massa podem ter diversas classificações, devido à grande variedade de materiais, processos e fatores condicionantes (FERNANDES; AMARAL, 1996). No Brasil, destacam-se as desenvolvidas Guidicini e Neible (1984) e IPT (1991), que

classificam os movimentos de massa em: queda de blocos, subsidências, escorregamentos (translacionais e rotacionais) e escoamento (rastejo e corridas) (**Figura 8**) (GUIMARÃES *et al*, 2008).

Os escorregamentos (*slides*) representam a classe mais importante dentre todas as formas de movimentos de massa – fenômenos relacionados ao processo natural de evolução de vertentes – comumente denominado de deslizamentos, desmoronamentos, quedas de barreiras e desbarrancamentos, os quais se referem ao rápido movimento descendente do material inconsolidado ou intemperizado sobre um embasamento saturado de água, podendo inclusive, incluir as corridas de terra e lama (*earth flow* e *mud flow*) e o fluxo de detritos (*debris flow*) (HERRMANN, *et al* 2005).



**Figura 8:** Classificação dos processos dos Movimentos de Massa. Fonte: GUIMARÃES *et al*, 2008 *apud* Carson e Kirkby, 1972.

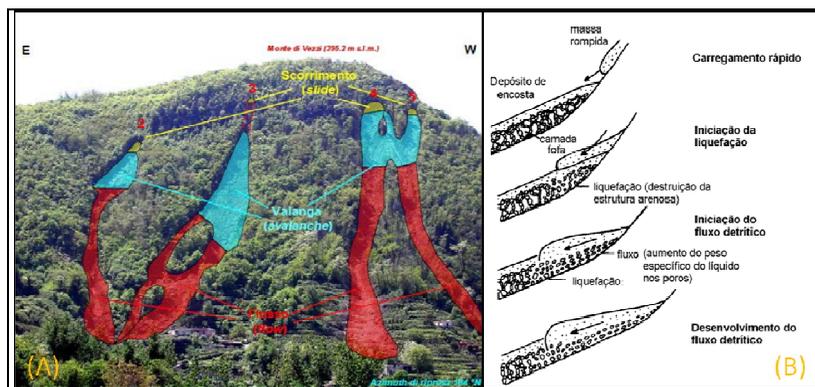
Fernandes e Amaral (1996) ordenaram as classificações feitas por Guidicini e Nieble 1976 e IPT (1991) sobre os movimentos de massa, diferenciando corridas de escorregamentos:

As **corridas ou fluxos (*flows*) de Massa de Detritos, Terra ou Lama** são movimentos rápidos no quais os materiais se comportam como fluidos altamente viscosos. A distinção entre corridas e escorregamentos nem sempre é fácil de ser feita no campo. Muitas vezes, a origem de uma corrida é representada por um típico escorregamento indicando que, em muitos casos, as corridas são movimentos complexos (WP/WLI, 1994 *apud* FERNADES; AMARAL, 1996). As corridas simples estão geralmente associadas à concentração excessiva de fluxos de água superficiais em algum ponto da encosta e

deflagração de um processo contínuo de material terroso. São iniciadas pelos processos de colapso de encostas com escorregamentos, onde a massa deslizada segue a calha fluvial carregando e agregando mais material por erosão das margens do próprio leito fluvial. Seu poder destrutivo é muito grande devido a grande velocidade e poder de alcance do material em corrida.

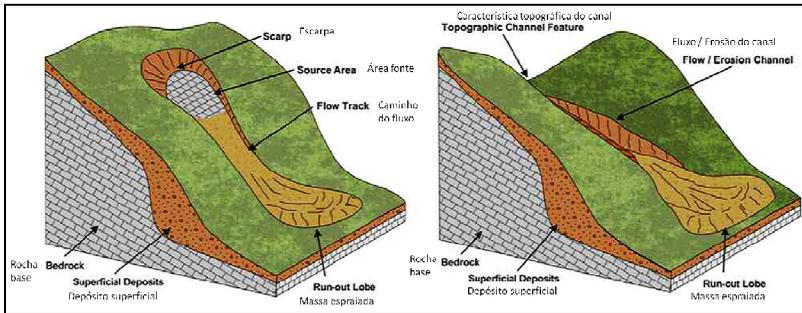
Os fluxos de detritos (*debris flows*) são o que apresentam geralmente maior magnitude e intensidade de modificação do relevo, podendo alcançar dimensões catastróficas (AVELAR *et al* 2006).

Avelar *et al* (2006) sistematizam a partir da literatura geomorfológica e geotécnica onde três mecanismos são considerados na iniciação destes fluxos: (1) através da erosão fluvial em canais de drenagem; (2) devido ao aumento de poro-pressão pela infiltração e (3) devido ao aumento de poro-pressão causado por carregamento muito rápido. O primeiro atua sob vazões críticas instabilizadoras, causadas pelo efeito cisalhante da água corrente no depósito abaixo do canal, advindas de chuvas intensas, derretimento de neve ou ruptura de barragens. O segundo se dá pelo súbito acréscimo de poro-pressão devido à recarga da zona saturada durante chuvas muito intensas. O terceiro se dá pelo impacto causado a partir de movimentos de massa ocorrido a montante sobre depósitos em fundos de vale (**Figura 9b**). A **Figura 9a** divide em três etapas dos fluxos: primeiramente o deslizamento (ruptura) em microvales, logo a avalanche e conseqüentes fluxos encosta abaixo.



**Figura 9:** Mecanismo de iniciação de fluxo de detritos. Fonte: (A) Vita *et al*, (2007); (B) Sassa (1985) apud Avelar *et al* (2006).

Os fluxos podem ser gerados a partir da massa desprendida de um escorregamento em uma encosta (**figura 10a**); ou canalizados na calha de drenagem, provocando um acréscimo de material detrítico pela erosão do canal (**figura 10b**).



**Figura 10:** Tipos de fluxos de detritos. (A) Fluxo de detritos a partir de deslizamento; (B) Fluxo de detritos canalizado. Fonte: Editors: M G Winter (TRL Limited), F Macgregor and L Shackman (Scottish Executive)

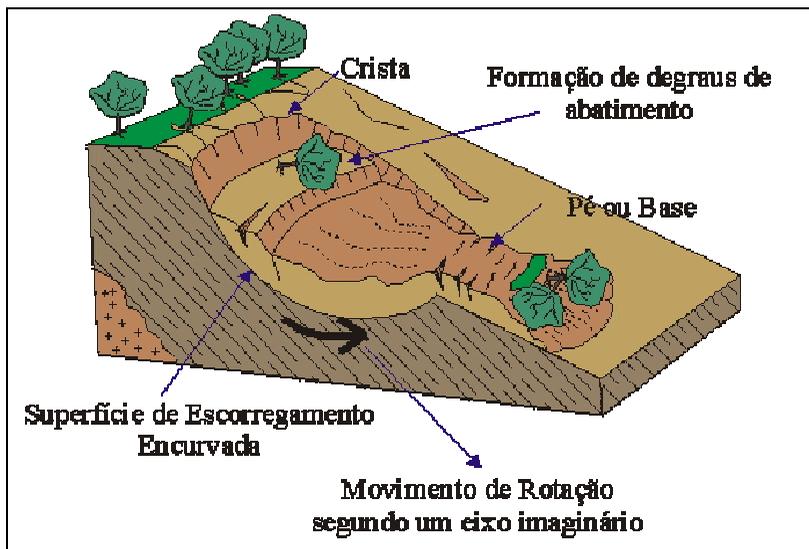
<http://www.scotland.gov.uk/Resource/Doc/55971/0015327.pdf>

Os **escorregamentos** caracterizam como movimentos rápidos, de curta duração, com plano de ruptura bem definido, permitindo a distinção entre o material deslizado e aquele não movimentado. Os escorregamentos são geralmente divididos com base na forma do plano de ruptura e no tipo de material em movimento. Quanto a forma do plano de ruptura os escorregamentos subdividem-se em translacionais e rotacionais. Um aspecto importante na classificação de escorregamentos diz respeito à caracterização e terminologia dos materiais envolvidos, buscando atender a distribuição e as propriedades dos solos tropicais, sem desconsiderar a dificuldade em distingui-los, tais como o solo saprolítico do maduro, o depósito de talus do material coluvial etc. (FERNANDES; AMARAL, 1996; DRM/RJ, 2011).

Os escorregamentos podem ser subdivididos em rotacionais, translacionais, rolamentos, queda de blocos, tombamentos e deslocamentos conforme Fernandes e Amaral (1996). Nas **figuras 11, 12 e 13** conforme os trabalhos de campo realizados durante a pesquisa em localidades do estado de Santa Catarina (CEPED, 2009; CEPED 2010; CEPED 2011):

- **Escorregamentos rotacionais (*slumps*)** – Possuem uma superfície de ruptura curva, côncava para cima, ao qual se dá um movimento

rotacional de solo. É comum a presença de degraus de abatimento do terreno na crista do deslizamento (**figura 11**). Entre as condições que mais favorecem à geração desses movimentos destaca-se a existência de solos espessos e homogêneos, sendo comum em encostas compostas por material de alteração originados de rochas argilosas como argilitos, folhelhos, e granulitos (gnaiesses) Quando a massa não rompe na base da encosta é comum observar o seu “embarramento” (**figura 12**).



**Figura 11:** Feições de um escorregamentos do tipo rotacional. Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09c.html>



**Figura 12:** “Embarrigamento da base da encosta”. Posto de Gasolina em Blumenau. Foto: Joel Pellerin, Janeiro de 2009.

- **Escorregamentos translacionais** – representam a forma mais freqüente entre todos os tipos de movimentos de massa. Possuem superfície de ruptura com forma planar a qual acompanha, de modo geral, descontinuidades mecânicas e / ou hidrológicas existentes no interior do material. Tais planos de fraqueza podem ser resultantes da atividade de processos geológicos (acamamentos, fraturas, entre outros), geomorfológicos (depósito de encosta) ou pedológicos (contato entre horizontes, contato solum-saprolito). Os escorregamentos translacionais são, em geral, compridos e rasos (**Figura 13**), onde o plano de ruptura encontra-se, na grande maioria das vezes, em profundidades que variam entre 0,5m e 5,0m. Os escorregamentos translacionais, na grande maioria das vezes, ocorrem durante período de intensa precipitação e estão associados a encostas íngremes (com elevada e média declividade e solos poucos espessos). A dinâmica hidrológica nestes movimentos mais superficiais as rupturas tendem a ocorrer rapidamente, devido ao aumento da poro-pressão positiva.

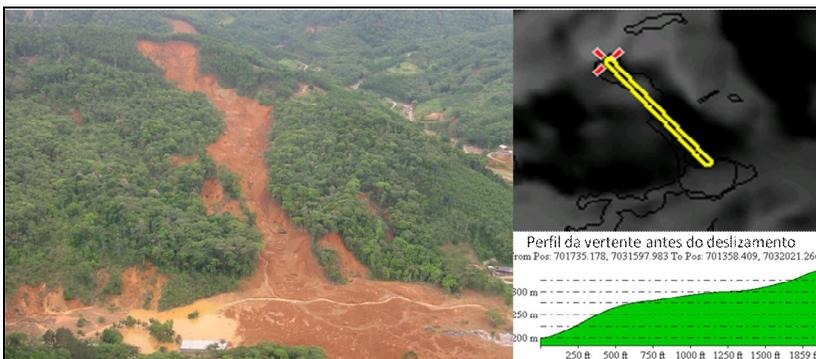


**Figura 13:** Escorregamentos translacionais na Bacia do Ribeirão do Baú, Ilhota, SC (área de estudo). Diversos escorregamentos translacionais nos eixos de drenagem na formação geológica do grupo Itajaí – arenitos (imagem da esquerda); Deslizamento de grande amplitude ocorrido sobre o Complexo Luiz Alves em área de reflorestamento (imagem da direita). Os deslizamentos foram seguidos de fluxo de detritos. Fotos: Joel Pellerin, 02/12/2008.

- **Escorregamentos translacionais espessos (tipos bacia suspensa):** A classificação do termo translacional se refere principalmente ao tipo de movimento do material deslizado. Os escorregamentos translacionais rasos são os mais comuns nas encostas brasileiras. Escorregamentos translacionais profundos relacionam-se principalmente a pacotes de solos superiores a 10m e em encostas com em perfil vertical côncavo (tipo bacia suspensa). Seus fatores deflagradores estão associados geralmente a precipitação acumulada no tempo que provoca a saturação e o deslocamento da massa. Sua ruptura inicial é semelhante ao escorregamento rotacional. A massa depreendida atinge grande volume e geralmente não atingem longos alcances (**figuras 14 e 15**).

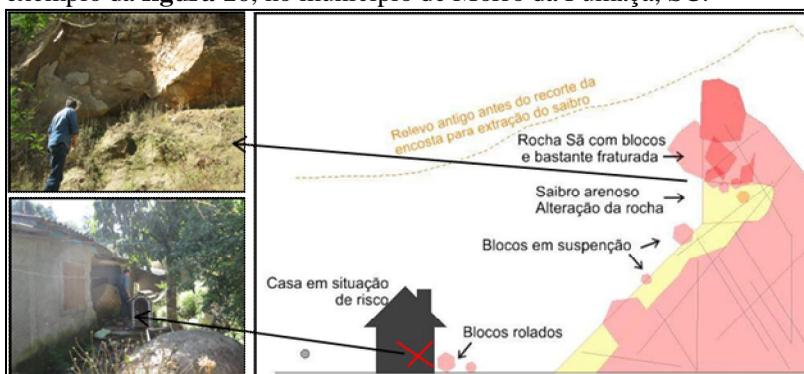


**Figura 14:** Escorregamentos do tipo translacional espesso. A foto da esquerda (foto: junho de 2009) é um deslizamento ocorrido no manto de alteração de pelitos na Rua União da Vitória, Bairro Valparaíso, Blumenau, SC, com a destruição de uma casa sem vítimas. A imagem da direita (foto: 16/11/2010) demonstra um deslizamento ocorrido no espesso manto de alteração do Complexo Luiz Alves (granulitos) Morro Azul (Braço do Baú) Ilhota, SC, onde foi destruída uma residência provocando o óbito de uma família inteira e provocando o represamento temporário da drenagem. Observou-se relatos de *pipings* antes do colapso do escorregamento na base da encosta. Os dois deslizamentos ocorreram em novembro de 2008. Fotos: autor.



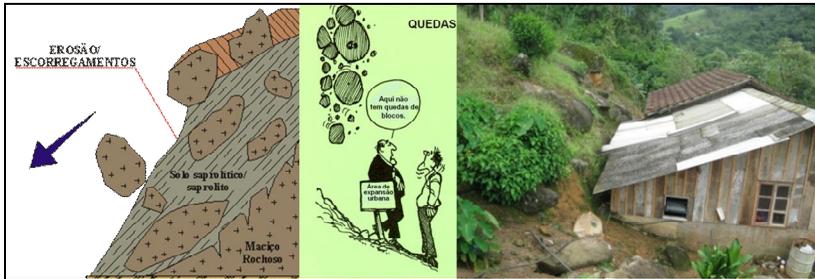
**Figura 15:** Escorregamento translacional espesso na Bacia do Ribeirão Baú, Ilhota, SC (área de estudo) de 450 m de extensão no espesso manto de alteração do Complexo Luiz Alves. Foto: Joel Pellerin, 02/12/2008.

- **Queda de blocos** – movimentos rápidos de blocos e / ou lascas de rocha caindo pela ação da gravidade sem a presença de uma superfície de deslizamento, na forma de queda livre (Guidici e Nieble, 1976). Ocorrem nas encostas íngremes de paredões rochosos e contribuem decisivamente para a formação de depósito de tálus. A ocorrência de quedas de blocos é favorecida pela presença de descontinuidades na rocha, tais como fraturas e bandeamentos composicionais, assim como pelo avanço dos processos de intemperismo físico e químico. Também ocorrem em áreas antigas de saibreiras (extração mineral) que quando ocupadas irregularmente podem se tornar áreas de risco, conforme o exemplo da **figura 16**, no município de Morro da Fumaça, SC.



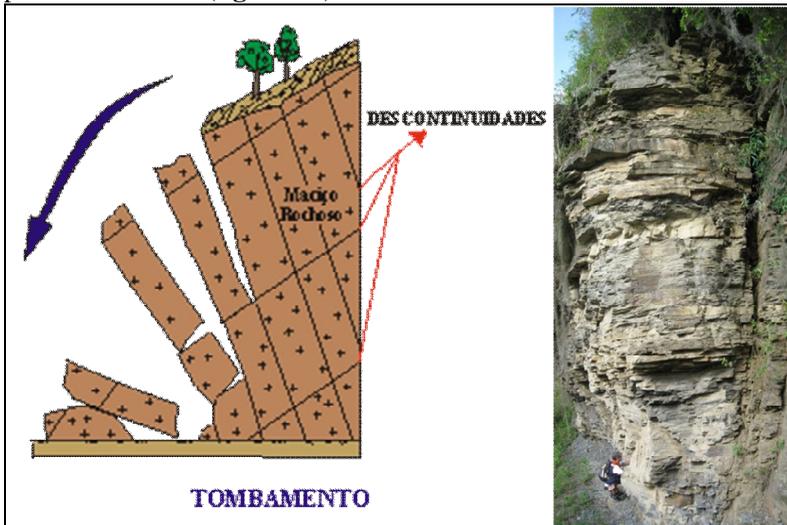
**Figura 16:** Esquema de área de risco por queda de blocos e rolamentos. Ocupação do Loteamento Barreiras de Morro da Fumaça, SC em área de antiga saibreira (mineração). Fotos e esquema: autor, 01/09/2011. Fonte: CEPED, 2011 morrodafumaça\_\_110902\_loteamentobarreiras

- **Rolamento** - Processo comum em áreas de rochas graníticas, onde existe maior predisposição a origem de matacões de rocha são isolados e expostos em superfície. Estes ocorrem naturalmente quando processos erosivos removem o apoio de sua base, condicionando um movimento de rolamento de bloco (**figura 17**).



**Figura 17:** Rolamento de blocos. Esquema demonstrando como ocorrem quando processos erosivos removem o apoio de sua base, condicionando um movimento de rolamento de bloco. A imagem da direita corresponde a uma residência em área de risco de ser atingida por rolamento de bloco no município de Rio dos Cedros, SC Foto: autor, 09/02/2010.

- **Tombamento** - São movimentos mais lentos que as quedas e ocorrem principalmente em taludes de corte, onde a mudança da geometria acaba desconfinando estas descontinuidades, propiciando o tombamento das paredes do talude (**figura 18**).



**Figura 18:** Tombamento de rocha. A figura da esquerda mostra o esquema das descontinuidades que gera o processo de tombamento. A imagem da esquerda trás um exemplo em um corte de estrada em Victor Meireles nos folhelhos da Formação Rio do Sul onde um bloco é suscetível a tombar. Foto: autor, 20/09/2011.

- **Deslocamento** – ocorre geralmente pela percolação de água através das juntas e discontinuidades em maciços rochosos provocando uma linha de fraqueza e o desprendimento de blocos e lascas de rocha que deslizam sobre esta superfície (**figura 19**).



**Figura 19:** Deslocamento de rocha granítica ocorrido em dezembro de 2011 na Comunidade da Mariquinha, Maciço do Morro da Cruz, Florianópolis, SC, em temporal de 40 min. O processo se deu em uma discontinuidade estrutural da rocha onde um bloco foi separado e deslizou, atingindo uma residência e provocando um óbito. Foto: autor, 13/12/2011.

### 2.6.2 Fatores predisponentes, efetivos e deflagradores dos movimentos de massa (escorregamentos)

Os fatores predisponentes, fatores efetivos e fatores deflagradores dos movimentos de massa (**quadro 6**) (escorregamentos seguidos ou não de corridas) são essenciais para a compreensão dos processos e feições associada bem como sua distribuição espacial. Os **fatores predisponentes** contam com: a Geologia, a Geomorfologia, a Geotecnia, o Clima, a Hidrologia Superficial e a Hidrogeologia; para os **fatores efetivos** destacam-se: as chuvas antecedentes (acumuladas), a

erosão fluvial e pluvial e uso e ocupação com cortes e aterros; e os **fatores deflagradores** apresentam-se principalmente as chuvas concentradas, os terremotos, abalos sísmicos provocados pela mineração, e em alguns casos o calor (que expande as argilas já saturadas após longos dias de chuvas provocando o colapso da encosta). Um escorregamento pode vir a provocar perturbações e/ou abalos sísmicos nas encostas de entorno pela deslocamento da massa depreendida; essa massa pode virar uma corrida e causar grande abrasão e tremores nas encostas adjacentes, provocando novas movimentações. (DRM, 2011)

**Quadro 6** - Fatores predisponentes, efetivos e deflagradores dos movimentos de massa (escorregamentos).

<b>Fatores predisponentes</b>	Geologia Geomorfologia Geotecnia Clima Hidrologia Superficial Hidrogeologia
<b>Fatores efetivos</b>	chuvas antecedentes (acumuladas) erosão fluvial e pluvial uso e ocupação com cortes e aterros
<b>Fatores deflagradores</b>	chuvas concentradas terremotos mineração calor

Fonte: DRM/RJ (2011).

Os processos, quando deflagrados, podem em seu início apresentar feições características como: trincas ou fissuras no terreno (rachaduras, trincas de tração, fissuras), degraus de abatimento do terreno, árvores inclinadas, afloramento de olhos d'água no sopé da encosta e *pipings* (tubos). Com o rompimento das condições de estabilidade do terreno temos os processos de leis físicas que explicam suas movimentações (tensões, cisalhamento, força da gravidade, fluxos, erosões e transporte).

Os fatores condicionantes naturais (fatores predisponentes) aos movimentos de massa estão relacionados, principalmente, a estrutura geológica, declividade da vertente, formas de encostas e regime de

chuvas (em especial os episódios pluviais intensos), bem como pela existência de espessos mantos de intemperismo e a presença de níveis ou faixas impermeáveis e da descontinuidade do perfil do solo que atuam como um plano de deslizamentos. Já os movimentos de massas induzidos pela atividade antrópica estão relacionados à ocupação de áreas propícias a escorregamentos, corte de taludes, aterros mal executados, retirada da vegetação, problemas com drenagem, etc. (BIGARELLA, 2003; HERRMANN, *et al.* 2004). Na maioria dos casos é possível observar feições geomorfológicas que indicam que estas áreas são remodeladas constantemente, em intervalos de tempo, por escorregamentos e depósito da massa deslizada e/ou depósito de detritos, marcado fortemente o relevo com anfiteatros arredondados e complexos de rampa de colúvio.

Guidici e Nieble (1976) chamavam a atenção ao detalhar os agentes predisponentes a ocorrer movimento de massas ao conjunto das condições geológicas, geométricas e ambientais, conforme a seguir:

a) Complexo geológico – natureza petrográfica, estado de alteração por intemperismo, acidentes tectônicos (falhamentos, dobramentos), atitude das camadas (orientação e mergulho), formas estratigráficas, intensidade de diaclasamento, etc.; b) Complexo morfológico – inclinação superficial, massa, forma de relevo; c) Complexo Climático-Hidrológico – clima, regime de águas meteóricas e subterrâneas; d) Gravidade; e) Calor solar; e f) Tipo de vegetação original.

Já Fernandes e Amaral (1996) propuseram a análise das seguintes condicionantes geológicas e geomorfológicas para análise de movimentos de massa como: fraturas, falhas, foliação e bandeamento composicional, descontinuidade do solo, Morfologia da encosta e Depósito de encosta.

Coelho e Avelar (2007) destacam que para explicar as formas erosivas associadas aos deslizamentos nas encostas necessitamos examinar alguns eventos destes processos durante alguns meses a alguns anos. Este tempo é suficiente para explicar os processos em seus mecanismos e condicionantes envolvidos. Já a gênese ou evolução da bacia de drenagem que contem esta forma envolve um tempo maior (centenas de milhares de anos ou mais) ou da montanha que contem esta bacia, um tempo maior ainda (dezenas de milhões de anos).

Ainda...

“Seja qual for a área considerada, é possível que nela ocorram níveis de pluviosidade tão elevados, que atingiram indiscriminadamente e

inevitavelmente áreas virgens e áreas ocupadas; quando tais níveis forem atingidos, os demais fatores que atuam na estabilidade das encostas terão papel extremamente secundário“ (GUIDICINI; IWASA, 1976 p. 27).

### 2.6.3 Métodos e modelos de previsão de movimentos de massas

A questão da previsão e a compreensão dos escorregamentos vêm assumindo importância crescente na literatura geomorfológica, geotécnica e hidrológica. Grande parte visa à previsão de áreas susceptíveis a escorregamentos enquanto outras procuram caracterizar o risco envolvido, ou seja, engloba tanto o processo do fenômeno quanto os danos decorrentes (FERNANDES, et al 2001).

Guimarães *et al.* (2008) ordenaram em quatro grupos os métodos de previsão de movimentos de massa: análise da distribuição dos movimentos de massa em campo; análise baseada em mapeamento geológico-geomorfológico e/ou geotécnico; aplicação com modelos com bases estatísticas; e aplicação de modelos matemáticos (estocásticos e determinísticos).

#### 2.6.3.1 Análise da distribuição dos movimentos de massa em campo

A hipótese geral que dá sustentação a estas metodologias é que a distribuição das cicatrizes e depósitos de deslizamentos recentes podem sugerir futuros padrões de comportamento das instabilidades (FERNANDES *et al.*, 2001).

#### 2.6.3.2 Análise baseada em mapeamento geológico-geomorfológico e/ou geotécnico:

O mapeamento geológico-geomorfológico são pré-requisitos básicos para a caracterização das áreas de risco ou de sensibilidade ambiental. Em encostas com risco de deslizamentos, além dos tipos de espessuras de cobertura pedogenética, são de fundamental importância o mapeamento e a caracterização dos tipos de rochas e das estruturas geológicas. Sendo assim, os trabalhos de cartografia com enfoque estrutural assumem papel de grande relevância. (TOMAZZOLI; PELLERIN, 2004). Um mapeamento desse tipo não deve ser baseado unicamente em critérios como elevada declividade, pois, no entorno do

Morro do Baú, os movimentos de massa mais catastróficos relacionaram-se a fluxos de lama e detritos canalizados em vales e que fluíram mesmo sob baixas declividades, atingindo áreas e residências relativamente distantes de seu início. Portanto, na elaboração de mapas de áreas de risco e de susceptibilidade a movimentos de massa, é de fundamental importância a consideração dos diversos tipos de deslizamentos relacionados às feições e elementos geológico-geomorfológicos e que muitas vezes controlam o desenvolvimento de fluxo e direcionamento dos movimentos (TOMAZZOLLI *et al.*, 2010).

Dentre os atributos naturais do solo que afetam sua erodibilidade e, conseqüentemente sua susceptibilidade aos processos erosivos e de instabilização das vertentes destacam-se: a granulometria; a estrutura; a agregação dos horizontes superficiais; a capacidade de infiltração e retenção de água no solo; a permeabilidade ou velocidade de transmissão de água no perfil; o teor de matéria orgânica e a espessura ou profundidade (SANTOS, 2007). A cobertura vegetal também interfere bastante nas características dos solos principalmente com a ação das raízes.

Já a geotécnica ou mecânica de solos é uma disciplina científica importante que estuda o comportamento dos solos e rochas quando submetidos a estresse. É a base para analisar a estabilidade das vertentes, sendo importante tanto para o Engenheiro Civil quanto para o Geomorfólogo. Para a análise da estabilidade da vertente é preciso fazer o cálculo de quais forças são mais atuantes: as que tendem a causar deslizamentos e as que tendem a resistir a eles. O principal fator a determinar a resistências aos deslizamentos é a coesão do solo (VELOSO, 2009).

### 2.6.3.2 Aplicação com modelos com bases estatísticas

Os modelos em bases estatísticas utilizam o princípio da existência de relações funcionais de correlação entre os fatores condicionantes e a distribuição dos movimentos de massa (GUIMARÃES *et al.*, 2008). A análise multicritério, por exemplo, é um procedimento metodológico de cruzamento de variáveis amplamente aceito nas análises espaciais. Ela também é conhecida como árvores das decisões ou uma análise hierárquica de pesos. O procedimento metodológico baseia-se no mapeamento de variáveis por plano de informação de pertinência e de cada um dos seus componentes empregando uma matemática simples de média ponderada. Esta análise

também possibilita a inserção de dados qualitativos que deverão ser padronizados e mensurados segundo sua avaliação de qualidades (MOURA, 2007). No entanto este procedimento caracteriza-se pela grande subjetividade, dependendo diretamente do nível do pesquisador. (FERNANDES *et al.*, 2001)

#### 2.6.3.3 Aplicação de modelos matemáticos (estocásticos e determinísticos):

A utilização de modelos matemáticos de previsão de áreas susceptíveis depende diretamente, de uma melhor compreensão dos diferentes mecanismos e fatores condicionantes envolvidos, o que requer ensaios de campo e monitoramento desses processos (Fernandes *et al* 2001). O modelo integrado SHALSTAB (*Shallow Stability*), por exemplo, vem sendo aplicado na geração de mapas de susceptibilidade à ocorrência de escorregamentos de várias áreas do território brasileiro. É um modelo matemático que combina um modelo hidrológico com outro de estabilidade de encosta, dentro de um ambiente SIG, focando-se no processo propriamente dito (MONTGOMERY; DIETRICH, 1994 apud GUIMARAES *et al.*, 2008, FERNANDES, *et al.*, 2001). Este visa a definição dos locais no relevo mais susceptíveis à ocorrência de escorregamentos translacionais rasos, portanto em solos pouco espessos. As maiores limitações desses procedimentos, na maioria dos casos, encontra-se associados ao conhecimento incompleto que possuímos de muitos processos e a dificuldade de obtenção de dados requeridos pelo modelo. (FERNANDES *et al.*, 2001)

#### 2.6.3.4 Métodos Geofísicos

Permite determinar a distribuição, em profundidade de parâmetros físicos dos maciços, tais como velocidade de propagação das ondas acústicas, resistividade elétrica, contrastes de densidade e campo magnético da Terra. Estas propriedades guardam estreitas relações com algumas características geológica-geotécnicas do maciço, como o grau de alteração e de fraturamento e tipo litológico. Os principais métodos são os Geoeletricos, sísmicos e potenciais (SOUZA, *et al* 1998).

A decisão deste método Geofísico para o mapeamento do subsolo dá-se principalmente pelo não agravamento da situação existente, no caso de uma área colapsada ou em colapso iminente. Concentra a atenção na investigação e definição da espessura do solo, posição da

rocha, nível freático, presença de blocos, direção preferencial do fluxo subterrâneo e plano preferenciais de escorregamentos. Estas são informações importantes para programar uma ação nas fases posteriores de mitigação e remediação.

### **3. METODOLOGIA DA PESQUISA**

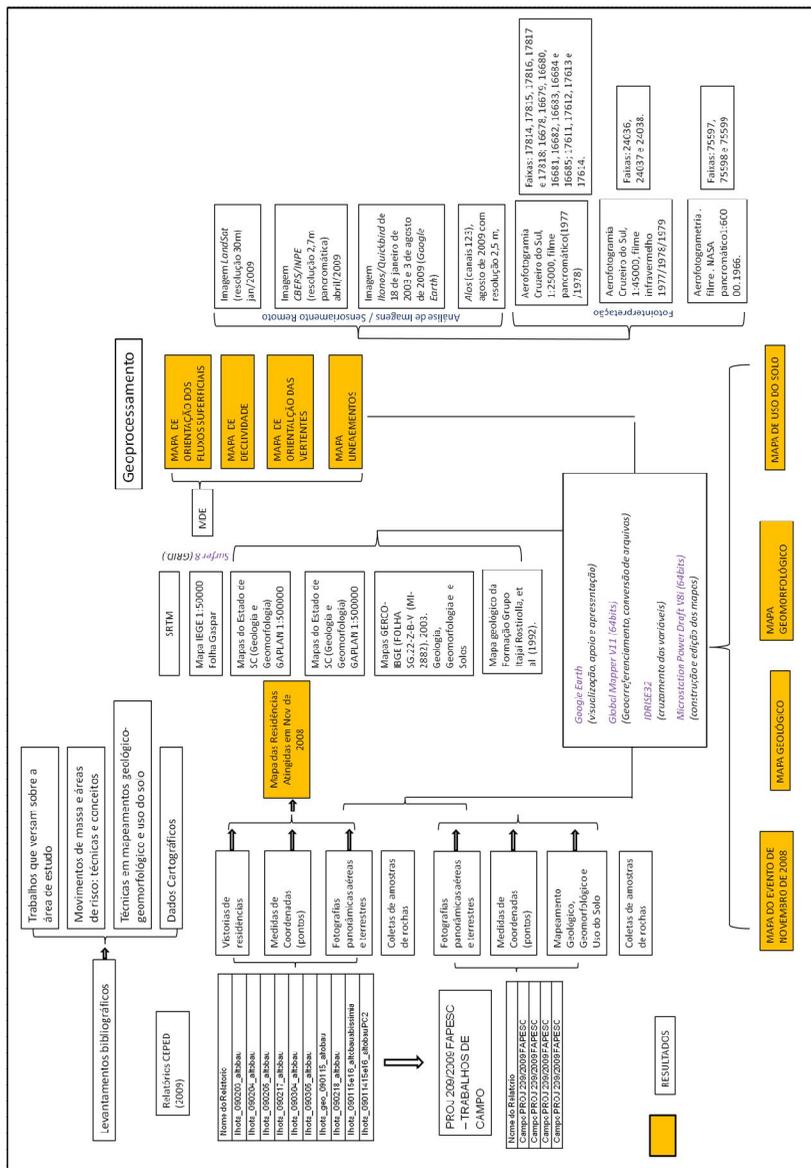
A pesquisa contou com levantamentos bibliográficos referentes ao tema de estudo e trabalhos já realizados no Vale (Bacia) do Itajaí sobre a geologia, geomorfologia, uso do solo e o processo histórico dos desastres em bibliografias, sites e órgãos competentes; o embasamento teórico-metodológico da pesquisa teve como apoio de bibliografias e técnicas para mapeamentos de áreas de risco, movimentos de massa e inundações, geologia, geomorfologia e geoprocessamento.

A realização do projeto pode ser dividida em quatro etapas: (1) a primeira consistiu nos levantamentos bibliográficos referentes ao tema e a área de estudo; preparação das bases cartográficas, geração de mapas base e Modelo Digital de Elevação (MDE) e análise dos relatórios já realizados nas áreas de estudos pelo Centro Universitário de Pesquisas e Estudos sobre Desastres (CEPED/UFSC) conforme BRASIL, 2009; e planejamento dos trabalhos de campo; (2) a segunda etapa consistiu dos levantamentos de dados com trabalhos de campo nos mapeamentos do uso do solo, das residências atingidas no evento de novembro de 2008, da geologia da geomorfologia com coleta de amostras de rocha e solo e caracterização das feições dos movimentos de massa; concomitantes foram realizados os trabalhos de cartografia, análise de imagens e geoprocessamento; e análise em laboratório das amostras de rocha através de lamina delgadas com interpretação dos minerais correspondentes através de microscópio óptico; (3) a terceira etapa insere a discussão dos dados através dos métodos sintético-analíticos referentes a o uso e ocupação do solo, geologia e geomorfologia e os processos erosivos e deposicionais do evento de novembro de 2008. (4) E por fim, o ultimo trará as analise e considerações dos resultados obtidos. As etapas encontram-se descritas a seguir.

#### **3.1 ETAPAS DOS MAPEAMENTOS**

Os mapeamentos foram seguidos de diversas etapas como levantamentos bibliográficos e cartográficos preliminares, trabalhos de campo e interpretação em gabinete por análise de imagens e

geoprocessamento, que resultaram em diversos mapas temáticos da área de estudo conforme indicado no fluxograma na **figura 20**.



**Figura 20:** Fluxograma das etapas de mapeamentos temáticos na Microbasia do Ribeirão Baú.

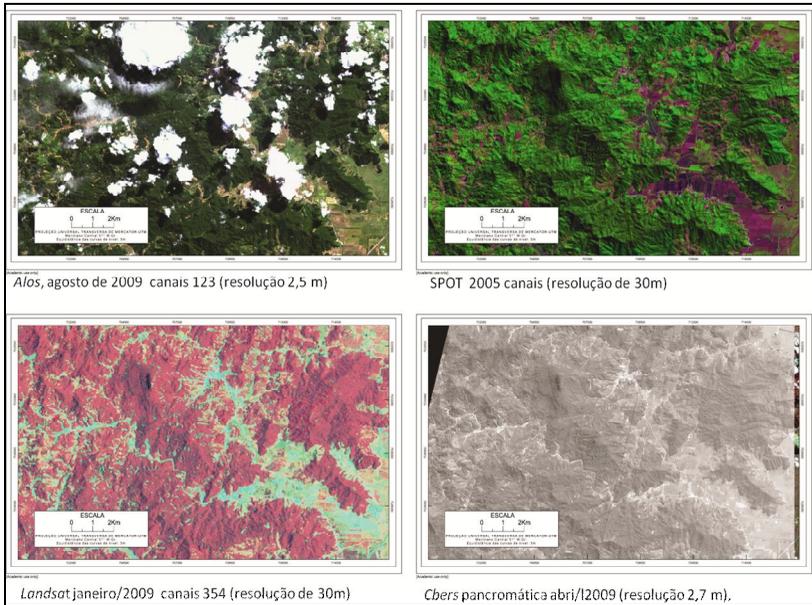
### 3.1.1 Análise de Imagens

O procedimento partiu da composição e georreferenciamento das seguintes imagens: *Ikonos/Quickbird* de 18 de janeiro de 2003 e 3 de agosto de 2009 (capturadas do *Google Earth*), *Cbers* pancromática abril de 2009 com resolução 2,7 m, *Alos* (canais 123) agosto de 2009 com resolução 2,5 m, *Landsat* janeiro de 2009 com resolução de 30m, *SPOT* 30m de 2005 (**figura 21**). Para o georreferenciamento das imagens utilizou-se a carta topográfica IBGE 1:50000, a própria imagem *Alos* e seguido de coletas em campo de pontos e trilhas com *GNSS*<sup>2</sup> com Sistema de referência UTM SAD-69 22S.

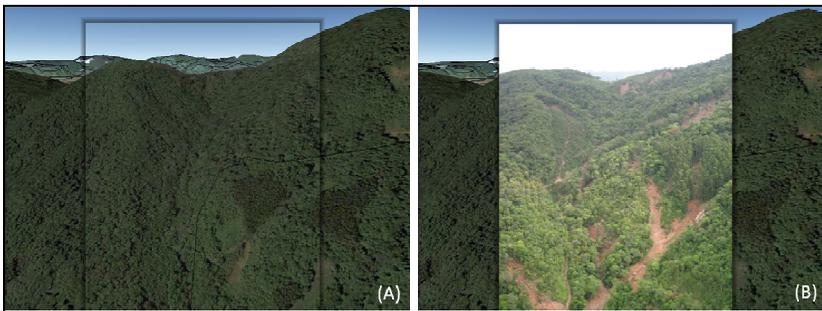
A partir das fotografias panorâmicas aéreas, registradas em sua maioria pelo Professor Joel Pellerin em sobrevôos de helicóptero realizados entre dezembro de 2008 e novembro de 2009, pode-se obter um bom detalhamento para os mapeamentos do uso do solo e das interpretações geológicas e geomorfológicas. As imagens de helicóptero foram inseridas no *Google Earth* a partir do *Microsoft Office Picture Manager*. Utilizando-se um comando simples de arrasto de uma janela para outra e ajustando o ângulo real da fotografia como o mais próximo das imagens do Google e exagero vertical do modelo digital do terreno de 1.5. A partir *Google Earth* é possível agregar um banco de dados (imagens) onde se pode navegar e visualizar o antes e o depois do evento conforme exemplificado na **figura 22**. Diversos softwares de geoprocessamento utilizam também links para a plataforma do *Google Earth* em formato *KMZ* e *KML*.

---

<sup>2</sup> Sistemas Globais de Navegação por Satélite em inglês Global Navigation Satellite Systems (GNSS) trata-se de um termo genérico para referir os sistemas de navegação por satélite. Neste momento existem dois sistemas a operar, o GPS (Norte-americano) e o GLONASS (Russo). Encontram-se, ainda outros dois em desenvolvimento, o Galileo (Europeu) e o Compass (Chinês).



**Figura 21:** As diferentes imagens e composições utilizadas na área de estudo.



**Figura 22:** Inserção de fotografias panorâmicas de vôo de helicóptero no software *Google Earth* demonstrando o antes e o depois de evento e auxiliando nas interpretações. Foto: Joel Pellerin, 2009.

A Imagem Cbers que operou com a Câmera Pancromática de Alta Resolução (HRC - *High Resolution Camera*)<sup>3</sup>, foi a única imagem

<sup>3</sup> A câmera HRC opera numa única faixa espectral, que cobre o visível e parte do infravermelho próximo. Está presente apenas no CBERS-2B. Produz

disponível e de boa resolução pós evento (abril de 2009) que cobre toda a área de pesquisa. No entanto, a imagem apresenta um erro geométrico que foi corrigido através da ferramenta *Rectify (Georeference) Imagery* com o método Automático do programa *Global Mapper 10*. A imagem utilizada para a correção foi a *ALOS* (agosto de 2009) e foram necessários 50 pontos de referencia para se obter um bom resultado.

### 3.1.2 Geração de Modelo Digital de Elevação - MDE

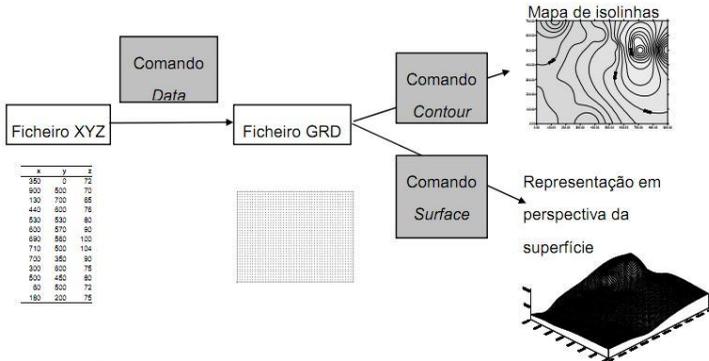
A operação de modelos analíticos com planos de informações sobrepostos em SIG demanda a preparação de imagens digitais georreferenciadas de cada variável. Tais imagens, ou Planos de Informação (PI), são denominadas Modelos Digitais do Terreno (MDTs), dos quais o Modelo Digital de Elevação (MDE) é um exemplo evidente de utilização. (VALERIANO, 2008).

A geração do Modelo Digital de Elevação (MDE) foi realizada a partir das curvas de nível, das cartas topográficas disponíveis 1:50000 (IBGE), com detalhamento vertical de 20m, sendo inseridas no programa de modelagem *Surfer 8* com o método de *Krigagem*.

As curvas foram exportadas utilizando a ferramenta XYZ > *Export Coordinates* do software *Microstation V8* que permite a transformação de arquivos *DGN*. (formato do *Microstation*) em arquivos XYZ (bloco de notas), os quais são compatíveis com o software *Surfer 8*. Neste programa, foi criado primeiramente um arquivo GRID (resolução de 20m) com base nas informações XYZ. Utilizando-se do arquivo GRID foi possível então aplicar a ferramenta SURFACE a qual transforma os dados tridimensionais em um arquivo de “SUPERFÍCIE”, gerando o Modelo Digital de Elevação (**Figura 23**).

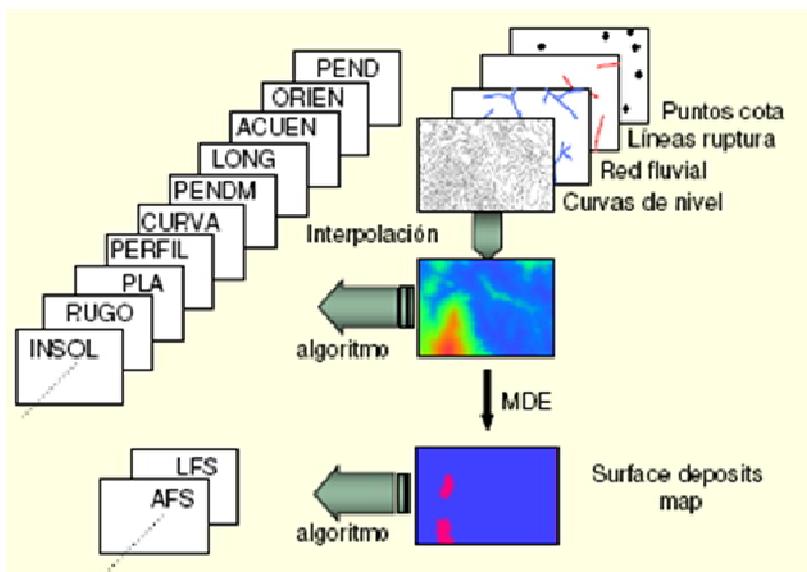
---

imagens de uma faixa de 27 km de largura com uma resolução de 2,7 m, que permite a observação com grande detalhamento dos objetos da superfície. Como sua faixa de cobertura é de 27 km, serão necessários cinco ciclos de 26 dias para que os 113 km padrão da CCD sejam cobertos pela HRC. O satélite Cbers foi desativado em maio de 2010. Fonte: <http://www.cbbers.inpe.br>



**Figura 23:** Fluxograma que ilustra a relação entre os ficheiros xyz, os ficheiros GRD e representação de dados. Fonte: <http://geologia.fc.ul.pt/Aulas/IEG/PDFs/Aula%207%20-%20Surfer.pdf>

O MDE possibilitou a geração de uma série de imagens geotiff de diferentes ângulos de iluminação contribuindo para o mapeamento e detalhamento das estruturas geológicas e geomorfológicas. O MDE proporciona também a extração direta de variáveis morfométricas como: dados da hipsometria, declividade, orientação das vertentes, comprimento da rampa, curvatura vertical, curvatura horizontal, delineamento de canais de drenagem e divisores de água e área de captação (como exemplo, **figura 19**), além de servir de base ao detalhamento da geologia e geomorfologia das áreas. No entanto, devido à baixa resolução do MDE para os níveis de precisão exigidos nos mapeamentos, foram também realizados trabalhos de fotointerpretação e campo, que contribuíram para uma melhora significativa dos resultados.



**Figura 24:** Fluxograma de dados temáticos do relevo gerados a partir do MDE conforme Remondo, (2009).

A partir do MDE foram gerados mapas da hipsometria, declividade e direção superficial dos fluxos. No mapa hipsométrico foram definidas as classes de altitudes em degrade de cor a cada 50m. O mapa da direção superficial dos fluxos foi gerado a partir do comando *Map>New>Grid Vector Map* no programa *Surfer 8*.

O modelo de declividade foi gerado a partir do arquivo GRID de pontos tridimensionais, os mesmos utilizados para criação do arquivo de “SUPERFÍCIE” do Modelo Digital de Elevação, no Software *Surfer 8*. Para o modelo de declividade, foi necessário alterar o Grid com a ferramenta “Calculus” e definir um Grid de Slope Map (ângulos). Posteriormente foi criado um “Contour Map” (em português, Mapa de Contorno) com base neste arquivo Grid alterado, e assim criou-se um arquivo representativo de declividade das unidades do mapa.

Foram definidas as seguintes classes: 0 – 5°; 5-15°; 15-25°; 25- 35°; 35-45° e 45-90°.

### 3.1.3 Mapeamento do uso do solo na Microbacia do Ribeirão Baú

A escala dos mapeamentos consistiu na ordem de 1:10000 de acordo com o Sistema de navegação (GNSS – antigo GPS) com precisão de 10 metros (erro previsto).

Para o mapeamento do uso do solo foram utilizadas as bases cartográficas, imagens de satélite, fotografias panorâmicas aéreas (vôos de helicóptero) e trabalhos de campo. No mapeamento do uso do solo as interpretações geradas foram feitas a partir da interpretação visual das imagens e trabalhos de campo. As imagens segundo Florenzano (2002):

(...) independente da resolução ou escala, apresentam os elementos básicos de análise e interpretação, a partir dos quais se extraem informações de objetos, áreas, ou fenômenos. Esses elementos são: tonalidade / cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização (p. 42).

As classes sugeridas para classificação do uso da terra foram: mata; capoeira; vegetação de topo de morro; água; benfeitorias; pastagem; silvicultura (pinus e eucalipto); plantio de mandioca; plantio de palmito; plantio de banana, plantio de cana-de-açúcar e cultivo de arroz.

O enfoque do mapeamento e a identificação do uso da terra, por mais generalizado que seja, possibilita a correlação de diferentes classes de uso do solo com aspectos geológicos, geomorfológicos e as cicatrizes de escorregamentos.

Para a identificação dos diferentes usos e classes do solo foram estudadas as classificações de Klein (1980); Resolução CONAMA Nº 4 de 04 de maio de 1994, que define os estádios de sucessão (Inicial, Médio e Avançado) para o estado de Santa Catarina e regulamenta o Decreto 750/93 que dispõe sobre o corte, a exploração e a supressão de vegetação primária ou nos estágios avançado e médio de regeneração de Mata Atlântica, e dá outras providências; Manual Técnico IBGE, (1992). Para Beltrame (1998) “O método fitofisionômico, são os mais adequados ao aluno de geografia.” (p. 27).

Nas cicatrizes das encostas afetadas por escorregamentos, bem como nas massas deslizadas, notou-se o início da sucessão ecológica da vegetação, podendo em alguns casos cobrir toda a cicatriz com espécies

pioneiras. A partir disto procurou-se identificar e analisar o tempo de reestruturação da vegetação nas cicatrizes.

A presente preocupação do mapeamento e identificação do uso da terra, por mais generalizado que seja se deve a possibilidade de correlações das diferentes classes de uso da terra com a geologia, geomorfologia e as áreas afetadas por escorregamentos.

### **3.1.4 Mapeamento da Geologia na Microbacia do Ribeirão do Baú**

No mapeamento e caracterização da geologia foi dado ênfase nas suas descontinuidades estruturais como fraturas, falhamentos, contatos geológicos e acamadamentos, bem como na descrição das unidades e cobertura pedológica. As caracterizações mineralógica e petrográfica das amostras estudadas foram realizadas através de descrição textural das rochas e análise petrográfica de lâminas delgadas de amostras de solos e rochas. Os trabalhos serão executados com o auxílio do laboratório de Laminação e Petrografia/GCN/UFSC.

Para traçar os fotolineamentos foram criadas quatro imagens de sombreamento sobre o MDE. Os fotolineamentos foram traçados utilizando o programa *Microstation*, do qual foram medidos os rumos, que posteriormente foram convertidos para azimuth. Com essas medidas foi possível obter as principais direções dos lineamentos.

### **3.1.5 Mapeamento da Geomorfologia na Microbacia do Ribeirão Baú**

O mapeamento da geomorfologia foi inspirado na Cartografia ZERMOS, que tem por finalidade básica fornecer detalhes de uma área quanto as questões de instabilidade, sejam potenciais ou reais, correspondendo a movimentos de massa, erosão fluvial e abatimentos. Segundo Souza *et al* (1998) estas cartas são elaboradas em, no mínimo, três fases de trabalho: (a) levantamento bibliográfico e entrevistas sobre a existência de movimentos de massa, sua frequência e amplitudes; (b) estudo geomorfológico, por meio de fotointerpretação e interpretação de modelos digitais do terreno; (c) e estudo no terreno, com trabalhos de campo, dos principais fatores, permanentes e temporais.

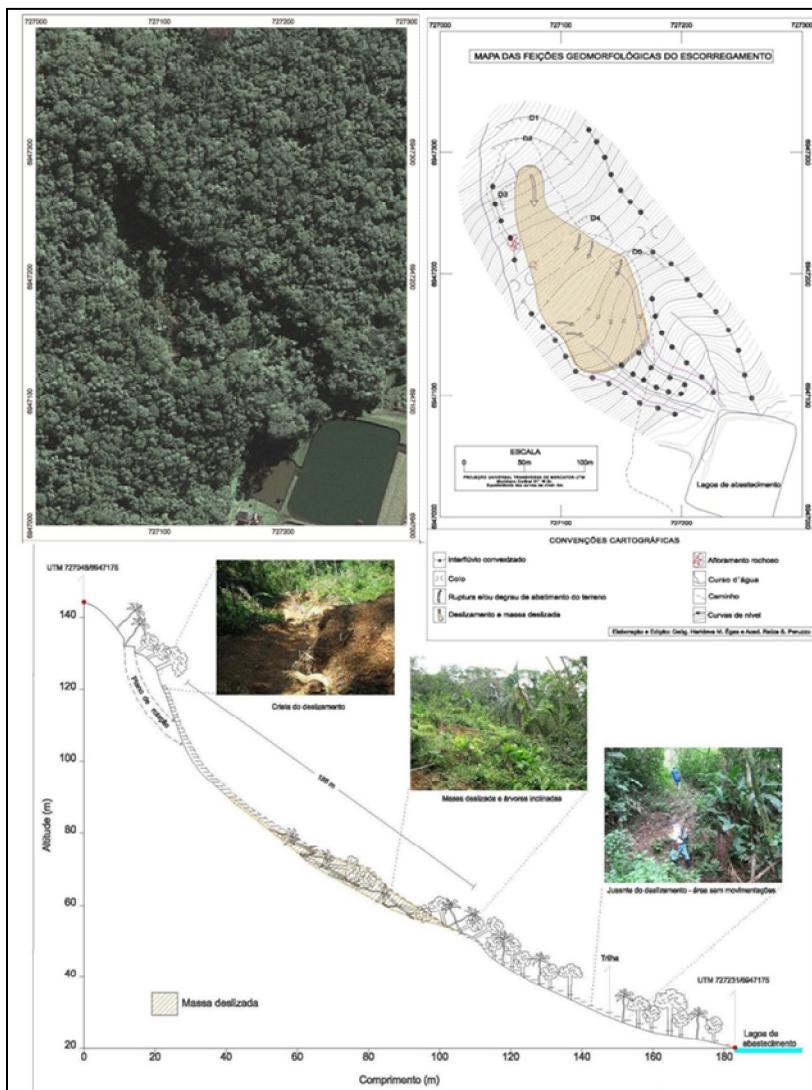
Foi utilizado como base no Modelo Digital de Elevação (MDE IBGE/1:50000 (equidistância das curvas de 20 m), interpretações detalhadas de fotografias aéreas (fotointerpretação) e trabalhos de campo. Desta forma buscou-se o detalhamento das unidades dos

modelados de acumulação e modelados de dissecação a partir das feições geomorfológicas como: flúvios e interflúvios, ruptura de declividade, tipos de vertentes, complexos de rampa de colúvio, etc. Procurou-se características tanto geológicas como geomorfológicas que se apresentem como um controle estrutural do relevo, principalmente zonas de falhas que demonstram processo integrantes da neotectônica evidenciadas por relevo estruturalmente marcado por dissecações em cabeceiras de drenagem, formas de anfiteatro grotões e “facetas triangulares”. Especial atenção foi dada à delimitação de leques e complexos de rampa de colúvio no sopé das encostas, uma vez que esses tipos de depósitos podem marcar a posição de antigos deslizamentos. A reconstituição dos processos ocorridos no evento de Nov./2008 no Vale do Itajaí, SC, na área de estudo, com base nos materiais erodidos e transportados, foi realizada através da elaboração de um mapa de evento (inventário dos escorregamento e fluxos), onde foram caracterizados e mapeados os processos de movimentação de massas, inundações e represamentos, cicatrizes de escorregamentos, degraus de abatimento do terreno, *pipings*, bem como as áreas e residências atingidas. Como exemplo em trabalhos recente de FLORES *et al.*, (2009) , que indicam ou sugerem futuros padrões de comportamentos de instabilidades combinados as temáticas geológicas e geomorfológicas. “Os topógrafos e cartógrafos lêem cartas topográficas. O Geomorfólogo, além desta tarefa, tem que ler a dimensão, isto é, interpretar as formas do relevo” (Guerra 1966 p. 77).

Os trabalhos de campo auxiliaram na identificação dos escorregamentos e feições associadas encontrados no interior da mata e não visíveis nas imagens digitais.

Para o mapeamento das cicatrizes foi utilizada como base a imagem Cbers de abril de 2009 que cobre toda a área de estudo e obtida 4 meses após o evento. As cicatrizes foram mapeadas de acordo com sua forma geométrica.

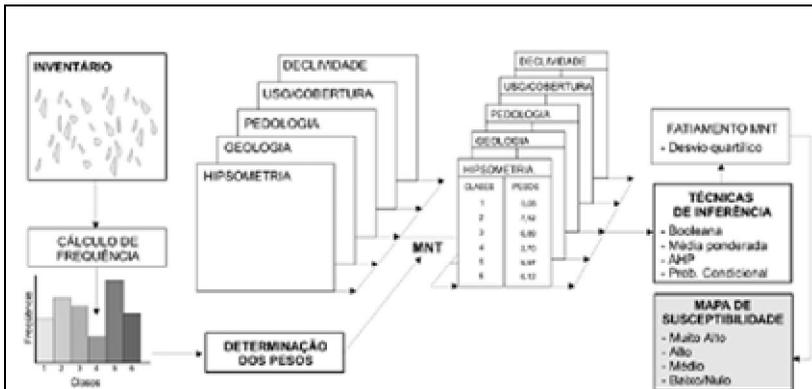
Alguns escorregamentos foram detalhados em perfil e mapeados em detalhe conforme exemplificado na **figura 25** em trabalhos realizados pela equipe no município de São José, SC, onde pode se observar o perfil da encosta e sua amplitude, bem como as formas e feições geomorfológicas associadas ao movimento de massa.



**Figura 25:** Deslizamento ocorrido na Empresa Tyson do Brasil localizada na SC 407 – Santana, São José/SC (novembro de 2008). Detalhe para o perfil da encosta e mapeamento de detalhe das diversas feições associadas. Fonte: autor

### 3.1.6 Geoprocessamento (Geotecnologias): ferramenta de integração e análise

Segundo Ross (2006) há dois procedimentos metodológicos operacionais básicos para gerar produtos com dados georreferenciados, que sejam representados na cartografia digital ou convencional: o procedimento metodológico-operacional Land System (bibliografia especializada) tem como características gerar produtos temáticos analítico-sintético, que seja gerado por geoprocessamento, através de interpretação automática, ou executada a partir de interpretação visual; e o multitemático, caracterizando-se por gerar produtos analíticos em uma primeira fase e de síntese posteriormente, como demonstrado na **figura 26**.



**Figura 26:** Fluxograma de mapas temáticos realizados através de técnicas de Sensoriamento Remoto com cruzamentos e atribuindo nas variáveis distintos “pesos” conforme Marcelino, (2003) para geração de mapa de suscetibilidade.

#### 3.1.6.1 Método de correlação dos deslizamentos com o uso do solo e geologia

Para a correlação do uso do solo e geologia com os deslizamentos importou-se os arquivos vetoriais (.dxf) exportados do *Microstation V8* em um único nível mas com cores diferentes referente as distintas classes para o *IDRISI32* (.vct). Para realizar o cruzamento das informações necessitou-se transformar os arquivos vetoriais em raster. Esse procedimento foi realizado em duas etapas: primeiramente iniciou-

se criando duas imagens para cada arquivo vetorial a ser usado: uso da terra (usodosolo.rst) e deslizamentos (desliza.rst) com a ferramenta DATA ENTRY > INITIAL definindo os números máximos e mínimos de x e y (min. de x: 699500, max. de x 717000, min. de y: 7025500, Max. de y 7036500); e o número de colunas (8750) e linhas (5500) que são os cálculos das máxima menos as mínimas dividido pela resolução da imagem (no caso 1 m). A referência utilizada foi utm-22s. O mesmo procedimento seguiu-se para as classes de geologia.

A segunda etapa consistiu na conversão dos polígonos desliza.vct e usodosolo.vct para RASTER utilizando as respectivas imagens anteriormente criadas (usodosolo.rst e desliza.rst) com a ferramenta REFORMAT > Raster/Vector Conversion > POLYRAS conforme demonstrado na figura 1 após uma edição de cores das classes. Em alguns casos nas classes da imagem usodosolo.rst ocorreu um agrupamento de classes (banana e mandioca) no momento da conversão. Para reclassificar a imagem utilizamos a ferramenta GIS Analysis > Data Base Query > RECLASS onde reagrupamos a mesma classe do reflorestamento que tinha ficado em níveis distintos gerando uma nova imagem usodosolo\_reclass.rst.

A partir das imagens criadas foi possível calcular as áreas das diferentes classes do uso do solo, geologia e dos deslizamentos em dados tabulares através da ferramenta GIS Analysis > Data Base Query > AREA.

### 3.2. DETALHAMENTO DE MATERIAIS E LABORATÓRIOS

Para a realização da pesquisa obtivemos o apoio dos laboratórios de Análise Ambiental (LAAM/GCN), Geoprocessamento (LabGeop/GCN) e Geologia (LabGeo/GCN) com equipamentos para os trabalhos em campo e em gabinete descritos a seguir:

Os *principais softwares* utilizados para a elaboração da pesquisa consistiram de:

- ✓ MicroStation Geographic V8 (32 bits), Microstation V8i Versão Acadêmica (64 bits).
- ✓ Idrisi32, Idrisi Ande (32 bits).
- ✓ Surfer 9 (geração de modelo digital de Elevação – MDE),
- ✓ Global Mapper V11.,
- ✓ GPS TrackMaker, Mission Planning; GeoMag; MapSource (Garmin); TCGeo (conversão de coordenadas),

- ✓ Google Earth;
- ✓ Orthomaker;
- ✓ Microsoft Office 2007

*Materiais utilizados em campo:*

- ✓ Caderneta de campo e caneta;
- ✓ GPS de navegação Garmin 12 XL ;
- ✓ Bússola geológica Brunton e Clar;
- ✓ Marreta e martelo geológico;
- ✓ Fotografias aéreas e cartas topográficas,
- ✓ Trado e enxada;
- ✓ Máquina fotográfica;
- ✓ Material para catalogar amostras (fita crepe, sacos plásticos)
- ✓ Trena;
- ✓ Clinômetro,
- ✓ Esterescópio de bolso,
- ✓ Lupa;
- ✓ Canivete e
- ✓ Mochila;

*Materiais utilizados em laboratório:*

- ✓ Microcomputador;
- ✓ Scanner HP para digitalização das fotografias aéreas;
- ✓ Microscópio Meiji – análise das laminas de rocha.
- ✓ Bibliografias de apoio

*Materiais cartográficos utilizados na pesquisa:*

Os Materiais cartográficos foram obtidos através do Banco de Dados do IBGE/ EPAGRI, INPE, DNPM e LabGeop/CFH/GCN/UFSC descritos e relacionados a seguir:

- ✓ Carta topográfica IBGE 1:50000 – Folha Gaspar 28823
- ✓ Imagem LandSat 5 (resolução 30m) jan/2009: 220-079 de 01/02/2009;
- ✓ Imagem CBERS/INPE (resolução 2,7m pancromática): HRC 155-1303 de 19/04/2009.
- ✓ Imagem Ikonos/Quickbird de 18 de janeiro de 2003 e 3 de agosto de 2009 (capturadas do Google Earth)

- ✓ Alos (canais 123), agosto de 2009 com resolução 2,5 m,
- ✓ Levantamento aerofotogramétrico do ano de 1977/1978, Aerofotogramia Cruzeiro do Sul, escala média de 1:25000, filme pancromático, câmera ZEISS RMK 15/23. Distancia focal nominal 153 mm. Faixas: 17814, 17815, 17816, 17817 e 17818; 16678, 16679, 16680, 16681, 16682, 16683, 16684 e 16685; 17611, 17612, 17613 e 17614.
- ✓ Levantamento aerofotogramétrico do ano de 1977/1978/1979, Aerofotogramia Cruzeiro do Sul, escala média de 1:45000, filme infravermelho, câmera ZEISS RMK 8,5/23 e Wild RC-10. Distância focal nominal 85 e 88 mm. Faixas: 24036, 24037 e 24038.
- ✓ Levantamento aerofotogramétrico realizado em 24 de junho de 1966. Escala Média 1:60000. Faixas: 75597, 75598 e 75599.
- ✓ Mapas do Estado de SC (Geologia e Geomorfologia) GAPLAN 1:500000
- ✓ Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina. Escala 1:500000. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). 1986
- ✓ Mapa Geologia, Geomorfologia e Solos (GERCO/IBGE) 1:100000
- ✓ Mapa geológico da Formação Grupo Itajaí de Rostirolla, et al (1992).

Na região do Vale do Itajaí e na área de pesquisa foram obtidos dados preliminares com os trabalhos de campo realizados nos trabalhos junto a Defesa Civil Nacional, final de novembro a dezembro de 2008 e o projeto: Resposta ao Desastre em Santa Catarina em Novembro de 2008 no período de janeiro a junho de 2009 (CEPED/UFSC) que incluem:

- ✓ Fotografias digitais dos deslizamentos e casas destruídas (inclusive fotos panorâmicas dos principais movimentos de massa de helicóptero);
- ✓ Pontos de GPS de todos os locais visitados;
- ✓ Laudos (relatórios) Geológico-Geomorfológicos de áreas de risco e relatórios dos danos das casas atingidas;

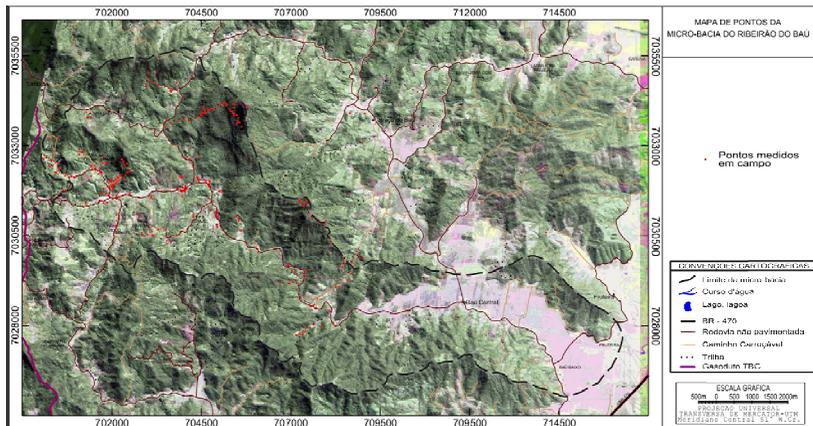
A partir desses relatórios foi elaborado um mapa das residências atingidas no evento de novembro de 2008 na Microbacia do Ribeirão do Baú. O **Quadro 7** refere-se aos campos realizados na área de estudo.

**Quadro 7** – Relação dos relatórios, datas, projetos e pesquisadores que trabalharam na área de estudo.

Datas	Nome do Relatório	Equipe
03/02/2009	Ilhota_090203_altobau	Joel Pellerin; Harideva Égas; Fernanda Bauzyz; Janaína
04/02/2009	Ilhota_090204_altobau	Joel Pellerin; Harideva Égas; Fernanda Bauzyz; Janaína
05/02/2009	Ilhota_090205_altobau	Joel Pellerin; Harideva Égas; Fernanda Bauzyz; Janaína
17/02/2009	Ilhota_090217_altobau	Joel Pellerin; Henrique Vilela; Fernanda Bauzyz
04/03/2009	Ilhota_090304_altobau	Joel Pellerin; Henrique Vilela
05/03/2009	Ilhota_090305_altobau	Joel Pellerin; Henrique Vilela
06/12/2008	Defesa Civil Nacional	Joel Pellerin; Fernando A. M. Marinho, Eng <sup>o</sup> . Geotécnico, ABMS, EPUSP; Daniela Gírio Marchiori Faria, Eng <sup>a</sup> . Geóloga, Instituto Geológico – IG/SMA
15/01/2009	Ilhota_geo_090115_altobau	Masato Kobayama; Juan Flores
18/02/2009	Ilhota_090218_altobau	Joel Pellerin; Henrique Vilela
15 e 16/01/2009	Ilhota_090115e16_altobau abissimia	Harideva Égas; Roberto Gorhl; Fernando Grison
14, 15 e 16/02/2009	Ilhota_09011415e16_altobauPC2	Joel Pellerin; Fernanda Bauzyz; Leonardo Leal; Rita
13, 14, 15 e 16/11/2010	Campo PROJ 209/2009 FAPESC	Joel Pellerin; Harideva Égas; Juan Flores; Rogério
18, 19 e 20/12/2010	Campo PROJ 209/2009 FAPESC	Joel Pellerin; Harideva Égas; Alexandre Faria
18, 19 e 20/02/2011	Campo PROJ 209/2009 FAPESC	Harideva Égas; Alexandre Faria; Raíza Sartori Peruzzo
12/03/2011	Campo PROJ 209/2009 FAPESC	Harideva Égas

## 4. RESULTADOS

As análises feitas contemplaram o mapeamento e interpretação do uso do solo, dos aspectos geológicos e geomorfológico e principalmente as feições dos movimentos de massas relacionadas ao evento de 2008 na microbacia. Foram delimitadas as diferentes classes do uso do solo e correlacionada com as áreas afetadas por deslizamentos. Da mesma forma procurou-se correlacionar as áreas afetadas com os aspectos geológicos e geomorfológicos. Busco-se também um levantamento das residências afetadas pelos movimentos de massa, onde se contatou que estas continuam sobre ameaça caso existam novos eventos, consistindo em inúmeras áreas de risco. As feições mapeadas e o cenário de ocupação destas localidades duramente atingidas foram extremamente modificadas por estes processos de grande intensidade. O entendimento das formas e dos processos que estas áreas estão submetidas são de suma importância para a população local para poderem se proteger em caso de novas ameaças. A **figura 27** a seguir demonstra a distribuição dos pontos medidos nos trabalhos de campo que correspondem as principais áreas analisadas.



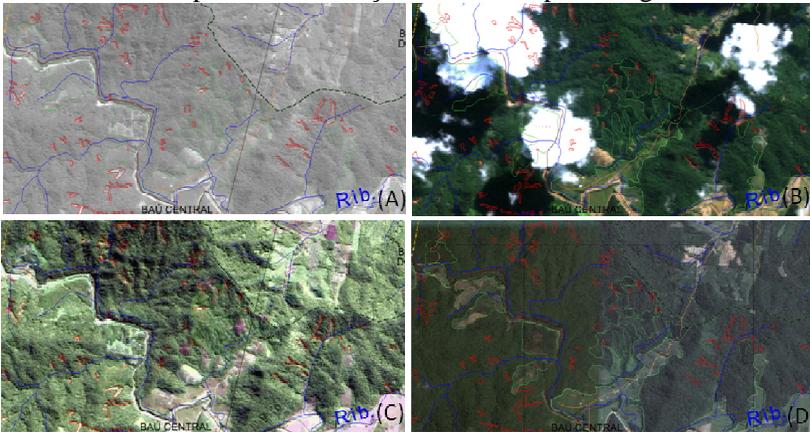
**Figura 27:** Mapa de pontos medidos em campo. Total de 565 pontos.

### 4.1 O USO DO SOLO NA MICROBACIA DO RIBEIRÃO DO BAÚ, ILHOTA, SC

A microbacia Ribeirão do Baú caracteriza-se por usos múltiplos da terra, com predomínio dos cultivos de arroz, banana e a monocultura

de eucalipto. A maior expressividade na utilização das terras está na agricultura (pastagens naturais, lavouras temporárias, permanentes e pastagens plantadas) destacando-se o plantio de árvores exóticas para comercialização, setor que tem evoluído bastante. Na área da Microbacia têm-se também atividades de serrarias e exploração e fabricação de carvão. A madeira constitui matéria prima explorada intensamente para fabricação de móveis e beneficiamento. Destaca-se a propriedade do grupo Agroflorestal Germer Ltda. cuja principal produção é a extração de palmito e reflorestamento com extensas áreas de plantio de árvores para corte (VIEIRA, 2003). A microbacia apresenta remanescentes florestais da mata atlântica em toda área, com destaque ao Parque Botânico do Morro do Baú, uma das áreas mais preservadas com floresta típica de encosta (Floresta Ombrófila Densa).

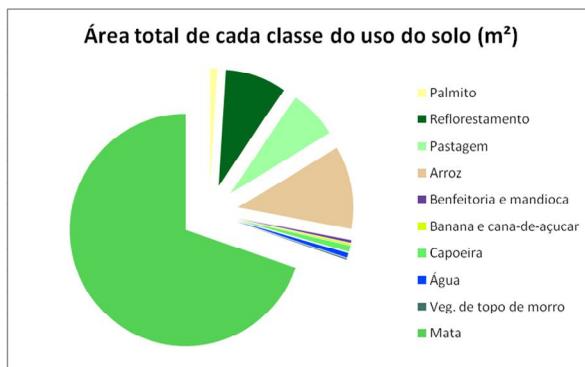
Na área foram mapeadas 12 classes de uso do solo a partir das imagens de satélite (**figura 28**), fotos panorâmicas de vôos de helicóptero e trabalhos de campo. A **tabela 2** e **Gráfico 2** apresentam as classes e suas respectivas correlações de áreas e porcentagem.



**Figura 28:** Imagens de satélite utilizadas para o mapeamento do uso do solo e mapeamento das cicatrizes dos escorregamentos. As imagens representam parte da bacia na sua região central (Propriedade Germer – “M”). (A): *Cbers* resolução 2,7 m pancromática abril de 2009; (B): *Alos* agosto de 2009; (C) Fusão *Cbers* resolução 2,7 m pancromática abril de 2009 com *SPOT* 2005; e (D) *Ikonos/Quickbird* de 18 de janeiro de 2003.

**Tabela 2:** Classes do uso do solo na microbacia Ribeirão do Baú.

CLASSES DO USO DA TERRA	AREA (KM²)	%
Palmito	0,630129	1,002258166
Mandioca	0,005835	0,009280919
Cana de açúcar	0,122073	0,194164467
Reflorestamento	5,45	8,668553591
Pastagem	4,25	6,75988124
Arroz	7,33	11,65880694
Benfeitorias	0,21953	0,349175701
Banana	0,011078	0,017620227
Capoeira	0,541821	0,861798968
Água	0,042944	0,068305021
Vegetação de topo de Morro	0,110517	0,175783952
Mata	44,157	70,23437081
<b>ÁREA TOTAL</b>	<b>62,870927</b>	<b>100</b>

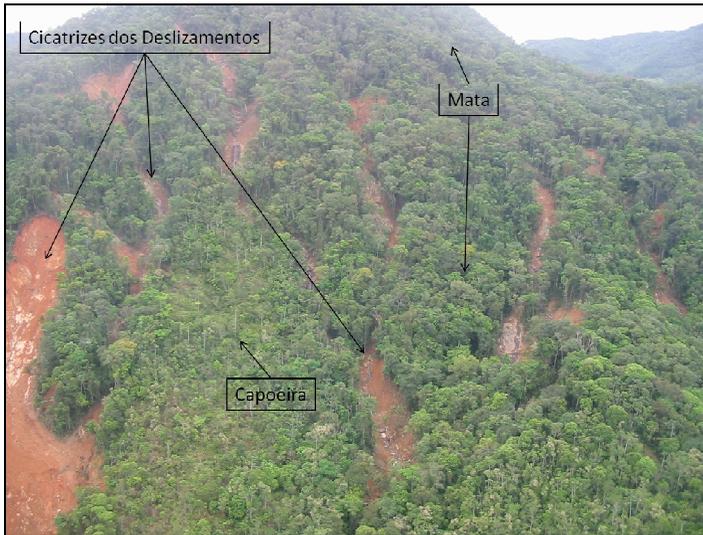
**Gráfico 2:** Área total de cada classe de uso do solo na microbacia Ribeirão do Baú.

A seguir apresenta-se a descrição das classes mapeadas com a ilustração de figuras:

**Mata:** estágio intermediário e avançado de sucessão da Floresta Atlântica que compreende a maior parte da área da bacia (70%). As matas são mais desenvolvidas e uniformes, com árvores altas e copas bem desenvolvidas. Destaca-se que grande parte da mata já foram áreas de cultivo de pequenas propriedades (**figura 29**);

**Capoeira:** este estágio foi identificado por sua característica fitofisionômica com árvores esparsas de médio e pequeno porte, visíveis

na imagem de acordo com a textura em comparação a uma mata mais pujante (**figura 29**);



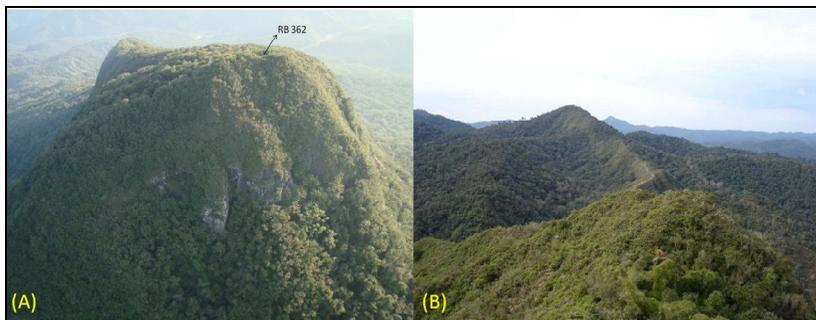
**Figura 29:** Área onde ocorreram grandes deslizamentos translacionais no gnaíse que afetaram a planície da Igreja Luterana evidenciando as classes de uso do solo mapeadas - mata e capoeira. Foto: Joel Pellerin, jan de 2009.

**Pastagem:** trata-se do estágio inicial, logo após o terreno ser abandonado pela agricultura ou desmatamento (KLEIN, 1980). Refere-se a “capoeirinha” caracterizada por vegetação de baixo porte, gramíneas e plantas lenhosas conforme IBGE (1992) (**figura 27**);



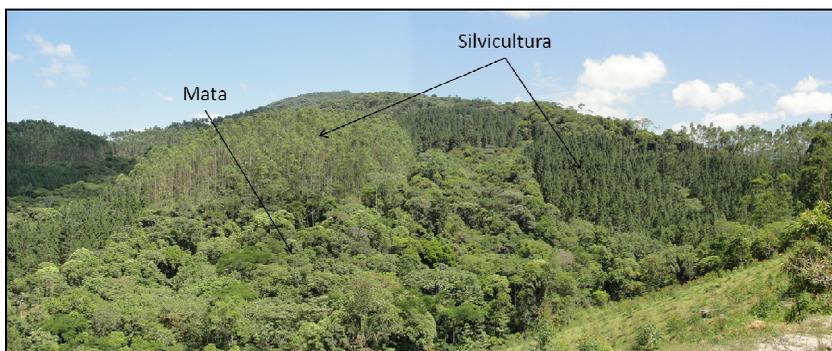
**Figura 30:** Área de Pastagem evidenciando depósito coluvial no Setor Baú Seco. Foto: autor, Dez de 2010.

**Vegetação de topo de morro:** a mata é mais “rala” por localizar-se em zonas de afloramentos rochosos, o que impede a formação de determinadas espécies e favorece outras de menor porte diretamente em cima do substrato rochoso, sendo mapeada no topo do Morro do Baú e Morro da Gurita (**figura 31**);



**Figura 31:** Vegetação de topo de morro e cornija rochosa de arenito. (A) Morro do Baú. Foto: Henrique Villela (2010) (B) Morro da Gurita - crista simétrica angulosa no arenito. Foto: Schroeder (2006).

**Silvicultura:** nesta classe foram delimitados os cultivos de pinus e eucaliptos que se espalham por toda a microbacia, porém não se conseguiu diferenciá-las devido a escala de trabalho, permitindo apenas a diferenciação das áreas de mata das reflorestadas. As observações em campo é que permitiram esta diferenciação, conforme **figura 32**.



**Figura 32:** Mata e silvicultura. Nesta área observamos o plantio de eucaliptos e pinus com remanescentes de floresta. Propriedade da Germer. Foto: Harideva Marturano Egas, Dez de 2010.

**Plantio de palmeira:** encontrada em sua maioria na Propriedade Martendal (alto da microbacia - **figura 33**). Esta classe somente foi ser reconhecida com os trabalhos de campo, não sendo diferenciadas através das imagens.



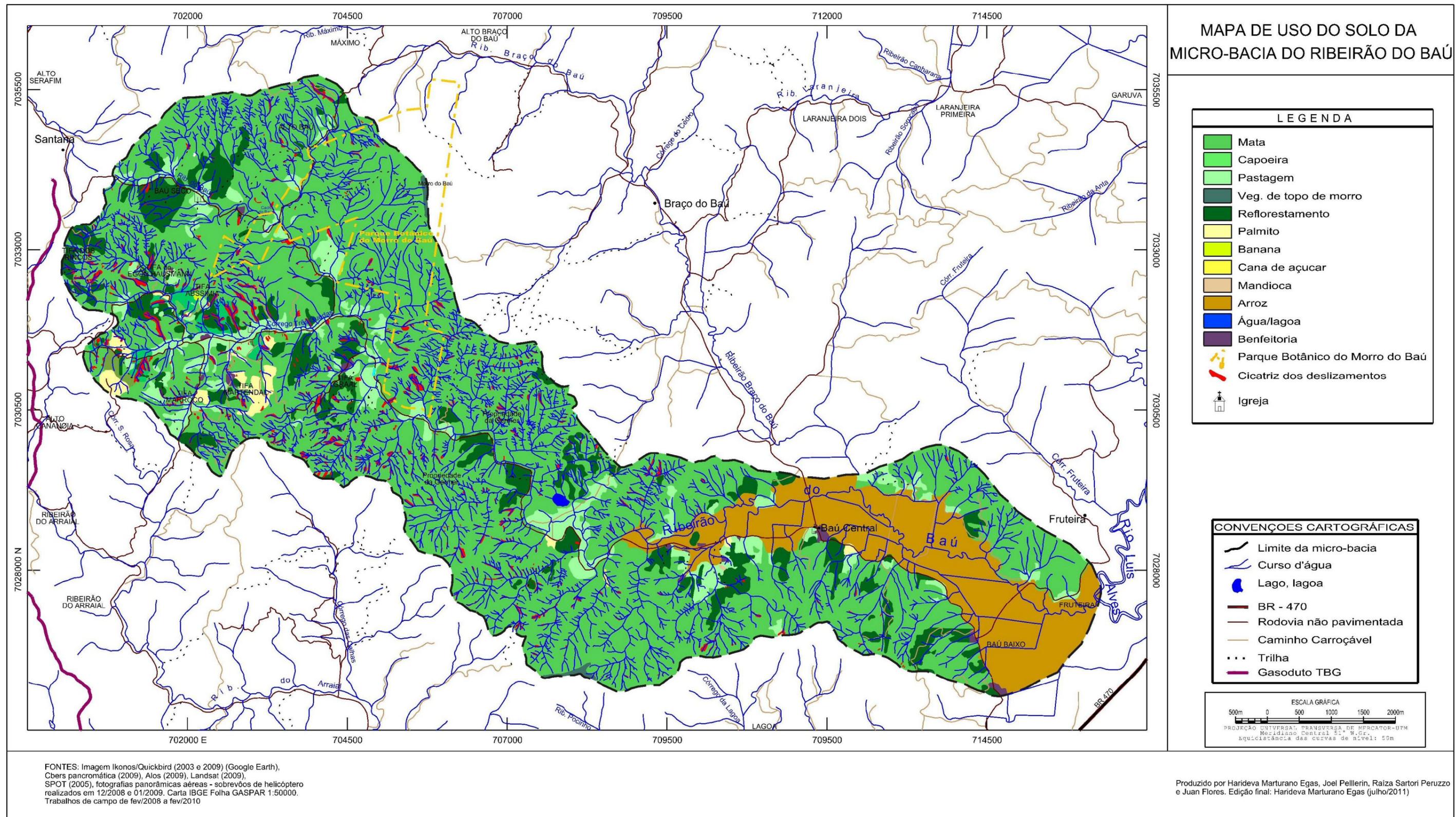
**Figura 33:** Plantação de Palmito na Tifa Martendal sobre o conglomerado bastante alterado. Foto: Joel Pellerin, Fev de 2009.

**Plantio de banana:** encontrada apenas na localidade da Tifa Abissímia (alto da microbacia); **Plantação de cana-de-açúcar:** encontrada na localidade do Alto Baú (alto da microbacia); **Plantação de mandioca:** encontrada no baixo da bacia; e **Cultivo de arroz:** esta classe ocupa o baixo da bacia, correspondendo ao setor úmido e plano do terreno, condição que permite a irrigação (**Figura 34**);



**Figura 34:** Baú Baixo. Grande planície quaternária com plantio de arroz na jusante da bacia. Foto: Harideva Marturano Egas, Dez de 2010.

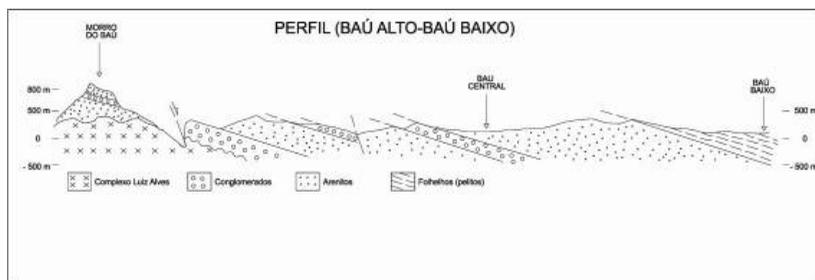
**Benfeitorias:** área ocupada por residências, granjas, serrarias e galpões; **Água:** pequenas lagoas ou tanques de armazenamento visíveis nas imagens. As classes apresentam-se distribuídas na **Figura 35**.



**Figura 35:** Mapa de Uso do Solo na Microbacia do Ribeirão do Baú

## 4.2 ASPECTOS GEOLÓGICOS-GEOMORFOLÓGICOS DA MICROBACIA DO RIBEIRÃO DO BAÚ

A área em estudo apresenta uma geologia e geomorfologia muito complexa devido a área estar sob a influência de dois domínios Geológicos (a) Complexo Luiz Alves – Alto e (b) Grupo Itajaí com controle estrutural fortemente marcado por falhas e dobramentos conforme demonstrado no perfil (**figura 36**).



**Figura 36:** Perfil estratigráfico da uma seção estrutural transversal do Baú Alto – Baú Baixo. Modificado de Rostirolla, *et al* (1992).

O **Complexo Luiz Alves** trata-se de uma assembléia petrotectônica de rochas metamórficas principalmente de faces granulito, composição básica intermediária, gerada no Arqueano e Proterozóico Inferior. A Bacia do Itajaí (**Grupo Itajaí**), segundo Schroeder (2006), é combinada da base para o topo de: conglomerado e arenitos de leques aluviais, pacotes onde predominam arenitos com geometria sigmoidal de frente deltaica, depósitos de conglomerados e arenitos com estratificações festonadas de origem fluvial, ritmitos turbidíticos e pelitos marinho profundo. Muitas camadas de tufos estão interdigitadas com os sedimentos da bacia.

A bacia do Ribeirão do Baú compreende, segundo o mapa geomorfológico 1:100000 do projeto Gerenciamento Costeiro (IBGE, 2002), os seguintes domínios morfoestruturais: a) Domínio Morfoestrutural Embasamento em Estilos Complexos, que compreende, dentro da bacia, a unidade geomorfológica Serras Cristalinas Litorâneas (**Complexo Luiz Alves**); b) Coberturas Molassóides e Vulcanitos Associados (**Grupo Itajaí**) correspondendo a uma seqüência de camadas e estratos sedimentares com ocorrência ocasional de rochas vulcânicas, tendo sido ou não afetados por um metamorfismo incipiente.

Tal domínio recobre as bordas do Embasamento em Estilos Complexos total ou parcialmente; e c) Domínio Morfoestrutural Depósitos Sedimentares Quaternários, que compreende, nesta área, a unidade geomorfológica Planícies Aluviais.

As encostas são muito inclinadas, extremamente dobradas, e frequentemente entalhadas em forma de ‘V’ fechado e geralmente associadas a pequenas e estreitas várzeas em torno dos ribeirões e rios, sujeitas a inundações frequentes (AUMOND, *et al.* 2010).

O relatório de Costa et al. (1983) já alertava para a atuação de processos erosivos, inclusive movimentos de massa, onde a geomorfologia da unidade favorece, ocorrendo locais com espessos regolitos recobrando as rochas pré-cambrianas (Complexo Luiz Alves) do substrato, podendo atingir mais de 30m. Sua origem esta relacionada ao predomínio da ação química, ocasionada por um clima úmido. Em muitas vertentes da área abrangida por essa unidade há anfiteatros de erosão ocasionados por movimentos de massa, na maioria das vezes sub-atuais. (COSTA *et al.*, 1983)

#### 4.2.1 Geologia da Microbacia do Ribeirão do Baú – ver figura 61 - Mapa da Geologia da MicroBacia do Ribeirão do Baú, pag. 121.

Os aspectos geológicos foram atualizados a partir dos dados do mapa Geológico 1:100000 do projeto Gerenciamento Costeiro (IBGE, 2003) com trabalhos de campo. Foram e definidas as seguintes classes litológicas na área de estudo: (A) Complexo Luiz Alves: gnaisse e hiperstênio; (B) Grupo Itajaí: arenito, conglomerado e pelitos; e (C) Sedimentos Quaternários: Depósito aluvionar atual e terraço fluvial. A **tabela 3** trás a relação das classes e áreas da geologia.

**Tabela 3:** Classes e áreas da Geologia na Microbacia do Ribeirão do Baú

CLASSES DA Geologia	AREA (m <sup>2</sup> )	AREA (km <sup>2</sup> )	Area (%)
Gnaisse	20.542.049	20,54204891	32,66
Hipertênio	1.118.030	1,118030397	1,78
Arenito	19.424.505	19,42450532	30,89
Conglomerado	1.264.900	1,264899855	2,01
Pelitos	12.675.703	12,67570293	20,16
Depósito aluvionar atual	7.813.162	7,813162092	12,42
Terraço Fluvial	51.706	0,05170615	0,08
<b>Área Total</b>	<b>62.890.056</b>	<b>62,89005566</b>	<b>100,00</b>

#### 4.2.1.1 Complexo Luiz Alves

Este domínio geológico é mais frequente no alto da Microbacia representando uma área de 20,54 km<sup>2</sup> (32,66%) para o Gnaiss e 1,12 km<sup>2</sup> (1,78%) para o Piroxenito.

Bauzys (2010) descreve as rochas metamórficas de alto grau encontradas na Bacia do Ribeirão Belchior (Bacia Vizinha ao Ribeirão Baú). Os litotipos mais comuns são hiperstênio-hornblenda gnaisses (granulitos chanoquíticos), biotita-hornblenda gnaisses e biotita gnaiss com traços de hornblenda. Representam rochas metamorfisadas na fácies granulito e anfíbolito. Além do hiperstênio, hornblenda e biotita, são constituídas por plagioclásio, feldspato potássico e quartzo, além de minerais secundários como clorita e sericita provenientes de alterações hidrotermais. Texturas granolepidoblásticas são as mais comuns. Texturas miloníticas, principalmente as porfiroclásticas, com feldspatos circundados por matriz félsica fina recristalizada são também bastante frequentes, principalmente quando essas rochas assumem foliações subverticalizadas segundo as direções NE ou NW, relacionadas a falhamentos com essas direções. O hiperstênio aparece quase sempre com bordas substituídas por hornblenda, como resultado de retromorfismo para a fácies anfíbolito. Os biotita gnaisses ocorrem muito localizadamente e representam um re-equilíbrio mineralógico para a fácies xisto verde.

Os tipos de rocha podem condicionar as formas de relevo da área, além da permeabilidade do terreno e, portanto, o tipo de drenagem e textura e também resistência ao intemperismo. As características mineralógicas e texturais herdadas do substrato geológico também influenciam quando são analisados os aspectos geomorfológicos e pedológicos de uma área.

As condições climáticas quentes e úmidas das áreas tropicais e subtropicais colaboram para a formação de espesso manto de intemperismo, que apresenta características diferenciadas no que tange à porosidade, plasticidade e permeabilidade, entre outras, as quais de relacionam diretamente os mecanismos de movimentos de massa (SAITO, 2004)

Esta formação geológica corresponde aos maiores escorregamentos e fluxos de detritos, devido, muitas vezes, apresentar espesso manto de alteração (**figura 37**) e ampla rede de fraturas e falhas.



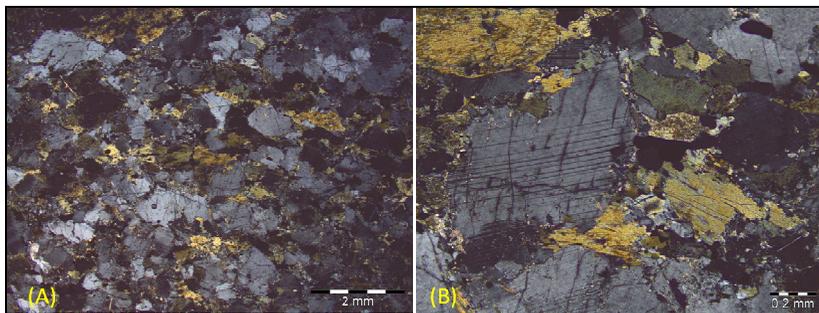
**Figura 37:** Alterito muito espesso na região do Morro do Baú (até mais de 30 metros) especialmente sobre os gnaisses, com perfis apresentando diferenciação vertical. Fotos: Joel Pellerin, 2009.

#### 4.2.1.1.1 Petrografia das principais litologias da área (Complexo Luis Alves): análise de amostras e lamina delgadas de rocha

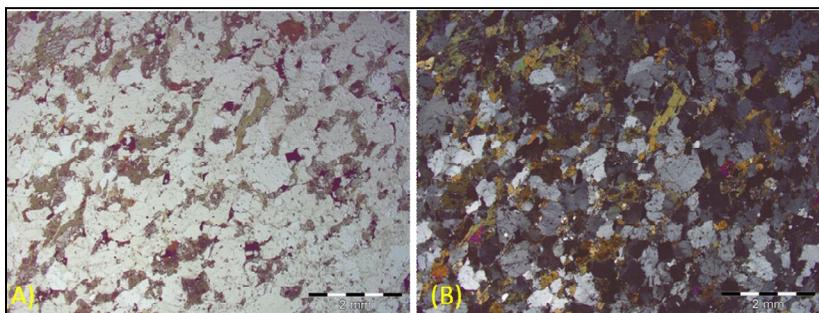
**Gnaiss (Figuras 38, 39, 40 e 41):** Mineralogia principal - mais de 20% de feldspato potássico (microclínio e/ou ortoclásio), plagioclásio (albita, oligoclásio, andesina), e ainda quartzo e biotita.



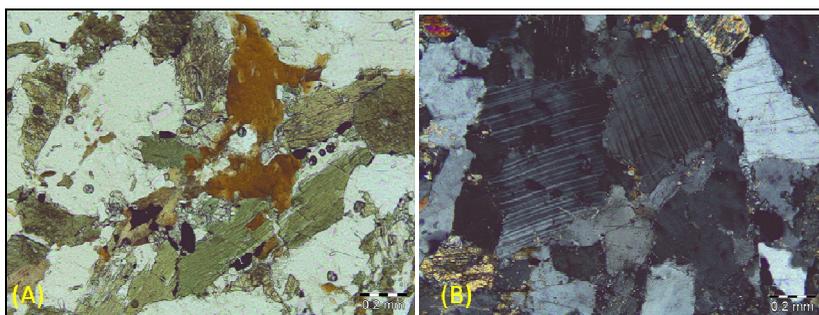
**Figura 38:** Bandamento composicional dos gnaisses com zonas máficas (mais escuras) e félsicas (mais claras). A imagem da esquerda demonstra a formação de xenólitos (UTM 700491/7032520). Fotos: autor, dez, 2010.



**Figura 39:** Lâminas delgadas de Gnaiss Máfico (amostra figura 33). (A) LN vista geral; (B) LP detalhe da plagioclase e hornblenda.



**Figura 40:** Lâminas delgadas de Gnaiss Félsico (amostra Baú Seco). (A) LN vista geral; (B) LP vista geral.



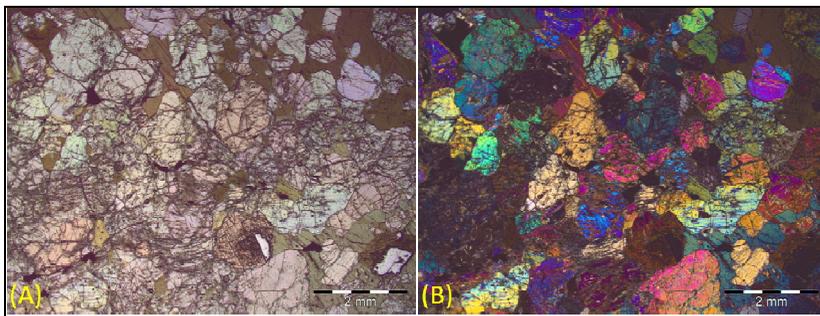
**Figura 41:** Lâminas delgadas de Gnaiss Félsico (amostra Baú Seco). (A) LN detalhe da hornblenda e mica biotita; (B) LN detalhe do plagioclásio.

### Piroxenito – Núcleos máficos e ultramáficos (**Figuras 42, 43 e 44**)

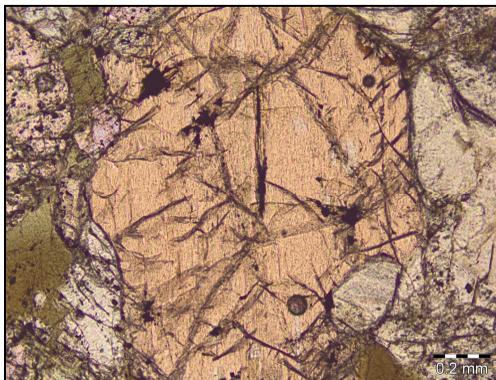
Rocha granular, escura, cujo principal mineral é o piroxênio e na qual falta a olivina. Há uma ausência de feldspato nessa rocha. Um gnaisse com piroxênio se torna, por exemplo, um *piroxenito*, desde que perca os seus feldspatos. As **figuras 43 e 44** são lâminas delgadas de ua amostra de piroxenito.



**Figura 42:** Piroxenito. (A) afloramento de piroxenito em corte na estrada (estrada Ribeirão Baú UTM 704404/7031972); (B) Manto de alteração muito argiloso do piroxenito. Fotos: Joel Pellerin, 2009.



**Figura 43:** Lâminas delgadas de Piroxenito (vista geral - amostra figura 37). (A) LN; (B) LP.



**Figura 44:** Lâmina delgada Piroxenito. Detalhe do mineral hipersthênio. LN.

#### 4.2.2.1 Grupo Itajaí

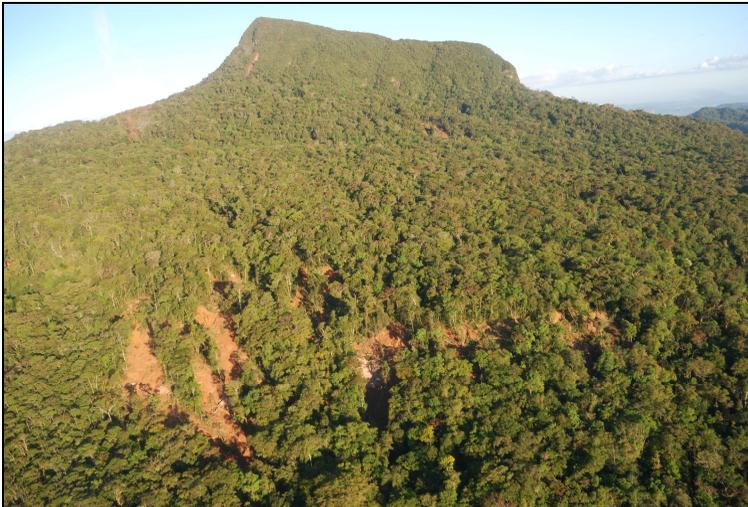
Este domínio foi mapeado em diversos setores da bacia localizado basicamente no Morro do Baú, Baú Central e Baú Baixo. A área do arenito compreende 19,42 km<sup>2</sup> (30,89%); do conglomerado 1,26 km<sup>2</sup> (2,01%); e Pelitos 12,67 km<sup>2</sup> (20,16%).

ROSTIROLLA, *et al.* (1992) classificam a unidade estratigráfica correspondente área da Microbacia Ribeirão do Baú como Sistemas de leques aluviais e deltaicos da margem cratônica NE e NW.

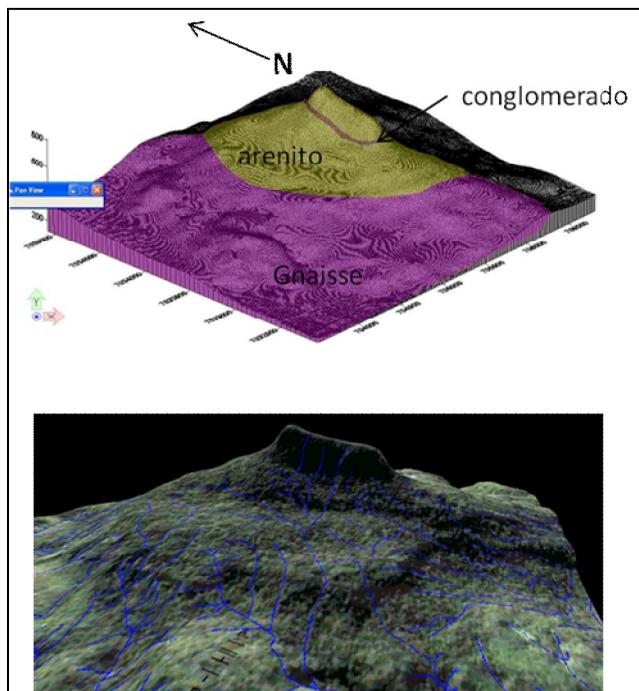
Essas rochas do Grupo Itajaí ocorrem em camadas superpostas com pequenas a médias inclinações para sul-sudeste, constituindo elevações do tipo mesa, estes raros, ou em forma de *cuesta*, devido às inclinações mais pronunciadas. O próprio Morro do Baú pode ser interpretado como uma elevação desse tipo. É constituído pela superposição de camadas inclinadas de conglomerado e arenito que, nesse caso, estão mais fortemente cimentadas por sílica, conferindo grande resistência dessas rochas à erosão diferencial (TOMAZZOLI *et al.*, 2009). Constituem-se, assim, num morro-testemunho, destacado devido a sua maior elevação, soerguido em forma de *Horst* por um sistema de falhas de sentido L-W, com inclinação das camadas para o S concordando a principal deformação da Bacia do Itajaí. É o remanescente da formação do Grupo Itajaí mais ao norte sobre com contato com o Complexo Luis Alves, correspondendo a borda do cráton (**Figuras 45, 46, 47 e 48**).



**Figura 45:** Morro do Baú. Figura demonstrando a inclinação principal do Grupo Itajaí no Morro do Baú de NW para SE. Foto: Joel Pelllerin, 2009.



**Figura 46:** Morro do Baú e os deslizamentos. Há uma concentração dos deslizamentos na escarpa monoclinal que delimita o contato do arenito com o gnaiss Foto: Nelson Fernandes, 2008.



**Figura 47:** Bloco diagrama do Morro do Baú (altitude de 811m) demonstrando o perfil da geologia e as formas tabulares e de escarpa monoclinial controlados pela estrutura.



**Figura 48:** Vista parcial do sul do Morro do Baú (Filhote) indicando a Geologia local. Foto: Henrique Vilella e autor.

#### 4.2.2.1.1 Petrografia das principais litologias da área (Grupo Itajaí): análise de amostras e laminas delgadas de rocha

##### **Arenito – Figuras 49, 50, 51 e 52.**

O termo arenito corresponde à areia litificada. É composto por quartzo, feldspato (ou outros minerais de origem ígnea) e fragmentos líticos.

Esta rocha encontra-se assentada sobre o complexo Luis Alves e está em alguns casos interdigitada, em alguns setores, em camadas sobre o conglomerado.

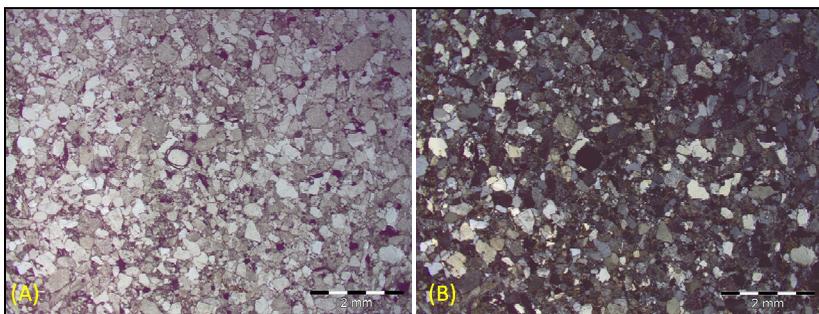
Os arenitos arcósianos ou arcósios contêm mais de 25% de feldspato de origem detrítica. O arcósio típico é uma rocha de granulação grossa e coloração cinza ou rósea-avermelhada esta última atribuída a fragmentos de feldspatos potássicos. Apresentam estruturas tipo *hummocky* quando intemperizados (**figura 50**).



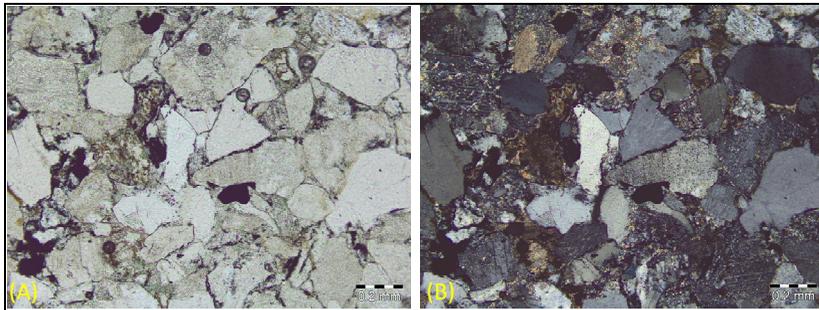
**Figura 49:** Arenito com estrutura primária encontrado em corte de estrada no centro da microbacia (margem esquerda do Ribeirão do Baú). Estratificação N77°E ME 19°SE (UTM 707241/7028751). Foto: autor, 2010.



**Figura 50:** Arenito encontrado no centro da microbacia, na propriedade da Germer. Estratificação tipo *hummocky* (UTM 708297/7029079). Foto: autor, novembro de 2010.



**Figura 51:** Lâminas delgadas de arenito (vista geral). Cimentação carbonática e silicosa. Proximidade ao arenito arcoseano (A) LN; (B) LP.



**Figura 52:** Lâminas delgadas de arenito (detalhe) Cimentação silicosa do tipo crescimento autogênico sentaxial. (A) LN; (B) LP.

### **Conglomerado – figuras 53, 54, 55 e 56**

Conglomerado é uma rocha formada por clastos rolados, de tamanho superior à 2 mm, agrupados por um cimento, formando um depósito consolidado

O Conglomerado foi encontrado em diversas situações intercalado e intedigitado dentro do arenito (**figura 53 e 54**). Suas localizações e dimensões foram difíceis de identificação por ser um depósito fluvial de alta energia que já sofrera diversos processos de deformação devido a reativação da bacia do Itajaí. Encontra-se sobre sistemas de falhas e, algumas vezes, com basculamentos de grandes blocos falhados (**figura 53**)

O arcabouço desta rocha é caracterizado por seixos, areia grossa e cimento químico. Representa um produto de deposição em águas muito agitadas (ambiente de alta energia), sendo portanto rico em estruturas hidrodinâmicas, podendo-se apresentar associado à um arenito grosso com estratificações cruzadas (Figura C).



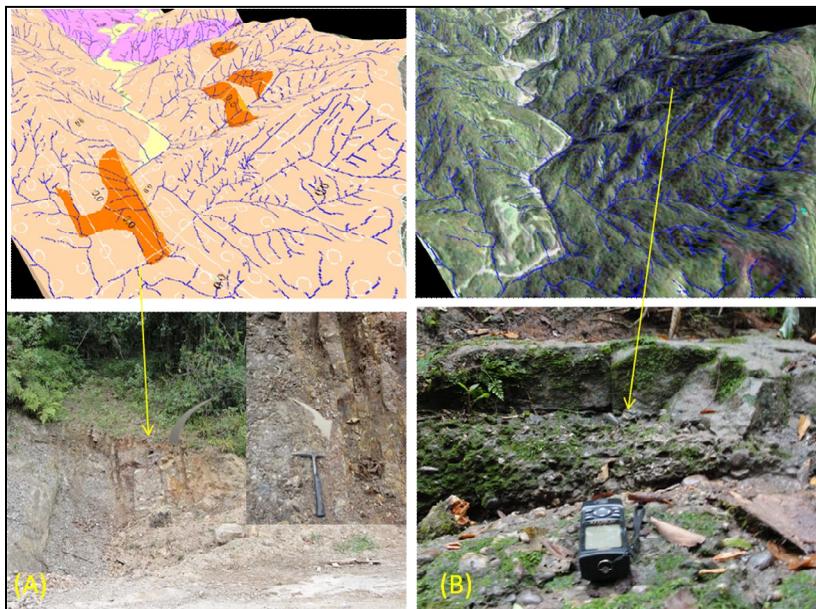
**Figura 53:** Grupo Itajaí - Afloramento de rocha Conglomerática na parte central da microbacia, área conhecida por “M” (Propriedade Germer). (A) Estrutura de falhas sobre o leito do rio de direção N20°E (UTM 707398/7029393); (B) bloco de conglomerado falhado e dobrado; (C) detalhe da figura B, seixos com imbricação de S25°W ; e vista geral do leito do rio. Fotos: autor, novembro de 2010.

O “Conglomerado Baú” foi encontrado no Morro do Baú em uma pequena faixa intercalada dentro do arenito. Esta amostra, de estrutura maciça e coloração bordô, era formada por seixos e grânulos arredondados e mal selecionados, compostos principalmente por quartzo, quartzito e rocha granítica, com alto grau de coesão quando não intemperizado.



**Figura 54:** Camada de arenito interdigitada dentro do conglomerado no Morro do Baú (UTM 705457/7033803). Fotos: autor, dezembro de 2010.

Na propriedade da Germer buscou-se a localização dos contatos geológicos entre o arenito e o conglomerado a partir de interpretações do micro-relevo realizadas em campo com generalizações para o macro-relevo (**Figura 55b**) através da fotointerpretação e entrevistas com os moradores inferindo os possíveis contatos. Em alguns casos pode-se definir o contato através dos trabalhos em campo como e um corte na estrada (**Figura 55a**).



**Figura 55:** Localização dos contatos do arenito com o conglomerado no centro da microbacia. Camada de arenito interdigitada dentro do conglomerado (UTM706803/7031354). Podemos observar futuros padrões de macro-relevo nas formas de micro-relevo como escarpas abruptas e cristas angulosas. Fotos: autor, dezembro de 2010.

Na Tifa Martendal, junto a plantação de palmito, no conglomerado próximo ao contato com o arenito mais a montante, foram encontradas áreas com grandes trincas e degraus de abatimento do terreno de até 5m de altura. As principais trincas aparecem na formação geológica do conglomerado e acompanham a topografia dos talvegues. Esta rocha alterada libera um grande volume de areia e de seixos sendo intensamente sulcada pela erosão pluvial em novembro de 2008. (**Figura 56**). Ainda, nesta localidade ocorreram diversos fluxos de detritos, advindos de escorregamentos no conglomerado alterado, destruindo edificações a jusante.



**Figura 56:** Tifa Martendal. Zona com grandes trincas e degrau de abatimento chegando a 4/5m, no conglomerado, perto do contato deste com o arenito do Grupo Itajaí. Esta rocha alterada libera um grande volume de areia e de seixos. Fotos: autor, 2009.

### **Pelitos – figura 57**

Rostirolla, *et al* (1992) descrevem essa formação dos pelitos por sistemas aluviais e deltaícos retrogradantes, provenientes da margem cratônica, sobreposto por sistemas plataformais. Esta constitui-se de siltitos e turbiditos freqüentemente fraturados (**figura 57**), localizando-se na parte baixa da bacia em altitudes inferiores ao arenito.



**Figura 57:** Afloramento de pelitos na estrada. Parte baixa da microbacia. Foliação N65°E ME5°SE, e direção principal do fraturamento de N55°W e ME Vertical (UTM 708250/7027955). Fotos: autor, dezembro de 2010.

#### 4.2.2.1 Depósitos Quaternários – figuras 58, 59 e 60.

Areias, cascalheiras e sedimentos siltico-argilosos, inconsolidados, depositados em planície de inundação, terraços e calhas da rede fluvial.



**Figura 58:** Depósito fluvio-lagunar recortado e evidenciado por enchente e erosão da margem da calha fluvial. Parte baixa da microbacia. Foto: autor, dezembro de 2010.

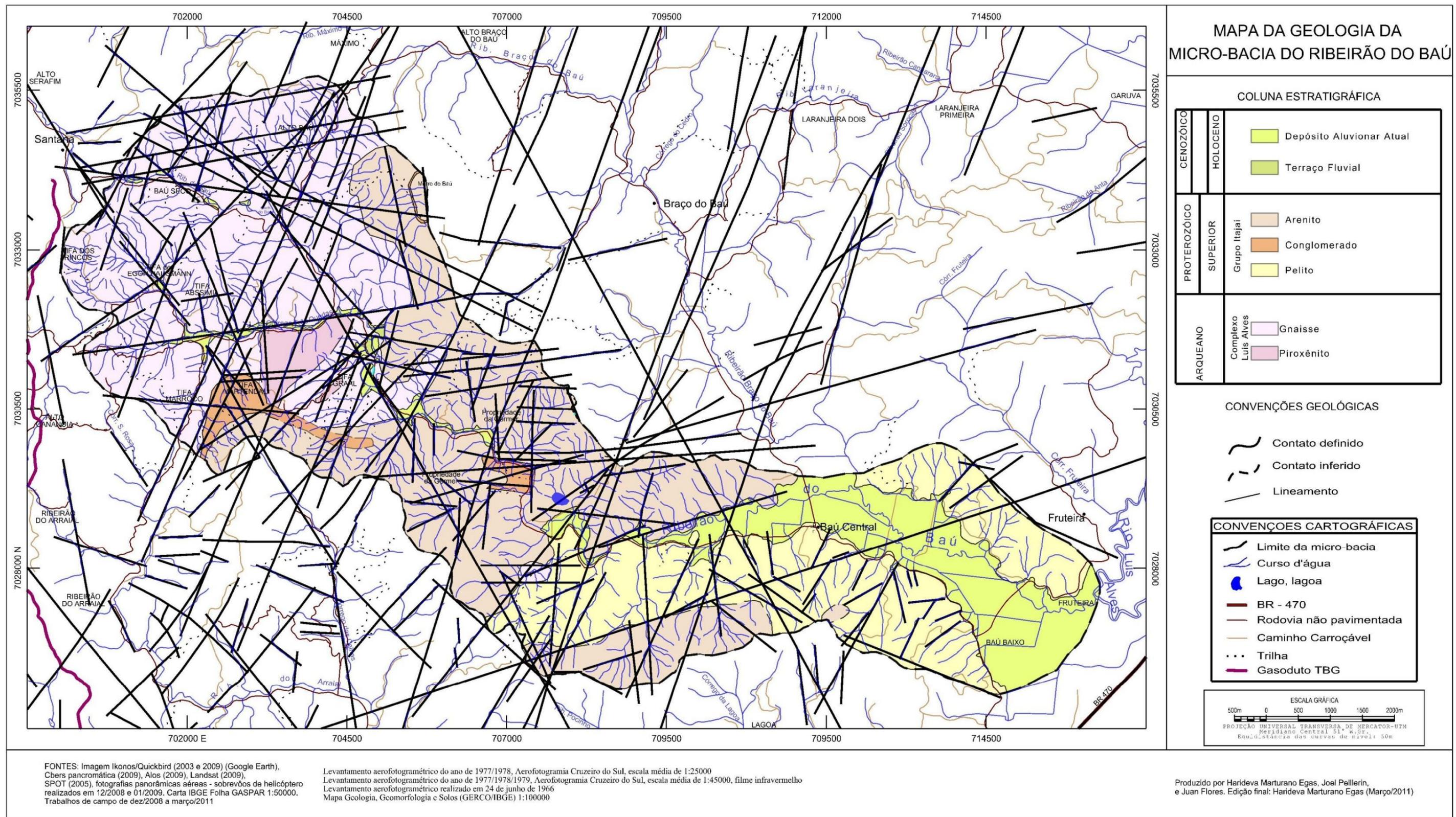


**Figura 59:** Depósito fluvial em meandro do Ribeirão do Baú. Devido ao evento pluviométrico intenso de 22 e 23 de janeiro de 2011 a margem de deposição foi erodida. (A) 13/11/2010; (B) 18/02/2011. (UTM 707639/7028572). Fotos: autor.



**Figura 60:** Compartimentação geomorfológica da parte baixa da microbacia. Na figura observamos três níveis de relevo e estrutura geológica: arenito com relevo mais escarpado; pelitos com relevo colinoso e planície aluvial. Foto: Jose Henrique Vilella, 2011

Como resultado cartográfico apresenta-se o mapa geológico com as principais unidades mapeadas (**Figura 61**).

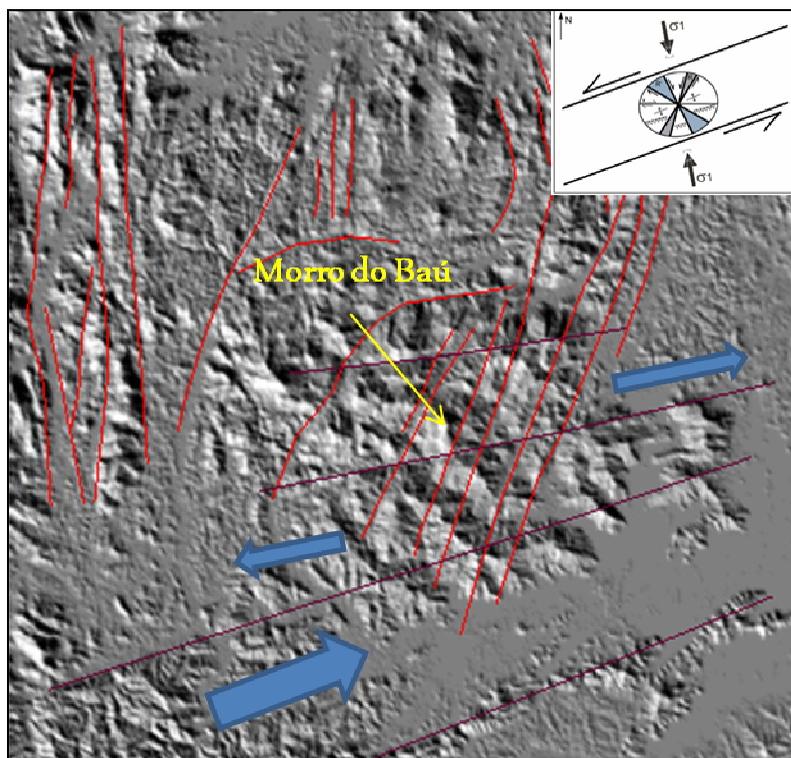


**Figura 61:** Mapa da Geologia da Microbacia do Ribeirão do Baú.

#### 4.2.2 Morfotectônica da Microbacia do Ribeirão do Baú

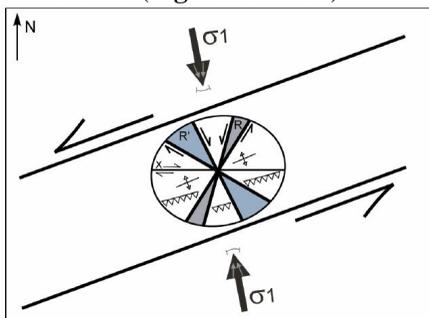
O controle tectônico-estrutural se reflete na compartimentação morfotectônica a partir da integração dos dados estruturais, da análise dos lineamentos estruturais e da rede de drenagem, que definem *trends* de lineamentos que correspondem a estruturas identificadas e medidas.

A morfologia do relevo é controlada estruturalmente a partir de tectônica e deformação da microbacia, bem como na erosão diferencial das rochas. Na **figura 62** apresenta-se o complexo do Morro do Baú com diversos lineamentos que representam as zonas de falhas.



**Figura 62:** MDE do Complexo do Morro do Baú. Os lineamentos em vermelho representam o falhamento referente ao evento de separação dos continentes durante o Gondwana (Direção N30E); os falhamentos em roxo representam a zona de rifte do do final do proterozóico inferior.

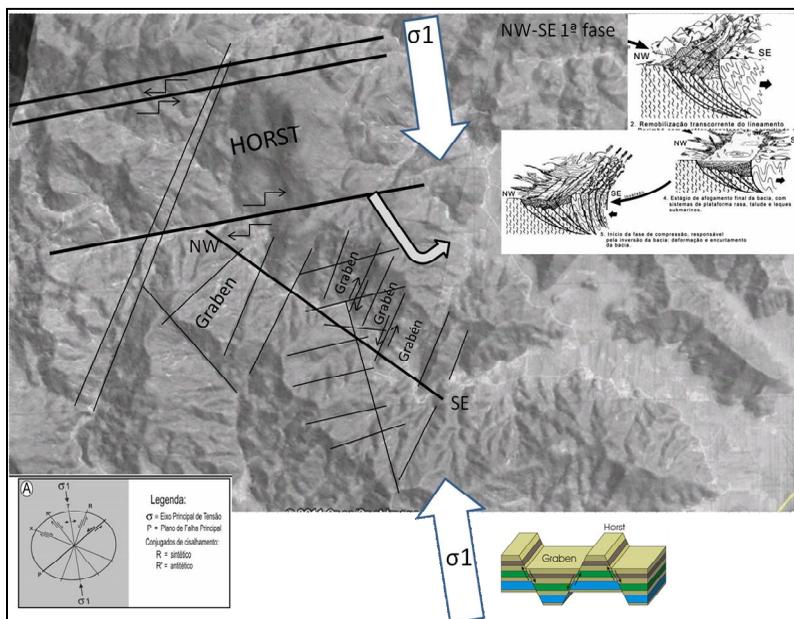
No modelo proposto por Schoroder (2006) e Rostirolla, *et al* (1992), referente ao principal evento de deformação da Bacia do Itajaí, corresponde a transcorrência, com importante componente compressivo, caracterizando, portanto esta deformação como transpressiva. A movimentação da falha principal é oblíqua com a componente lateral sinistral e vertical inversa. As falhas transcorrentes de Ridel (R) e anti Riedel (R') são sinistras e dexas respectivamente. As dobras ocorrem com vergência para noroeste (**Figuras 62 e 63**)



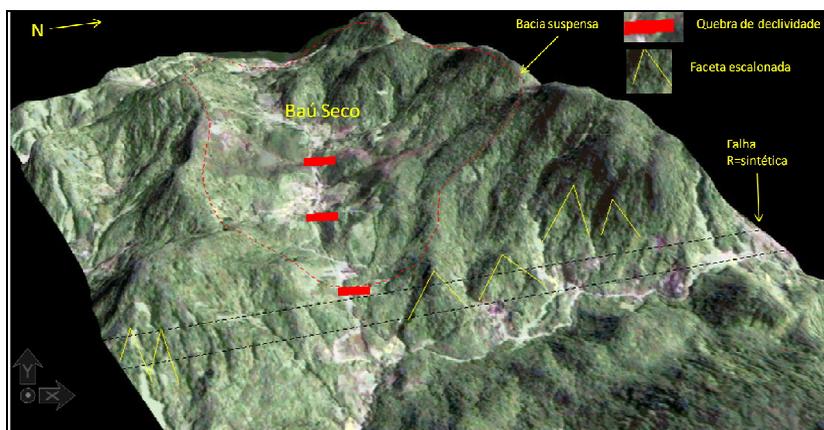
**Figura 63:** Modelo proposto para o principal evento de deformação da Bacia do Itajaí. Fonte: Schoroder (2006).

Desta maneira, a partir dos lineamentos e os estudos estruturais desenvolvidos na Bacia do Itajaí (Grupo Itajaí) Schoroder (2006), Rostirolla, *et al* (1992) e Krebs *et al.* (1990) foi organizado a **Figura 64** com intuito de compreender a principal tectônica da Microbacia e suas formas resultantes.

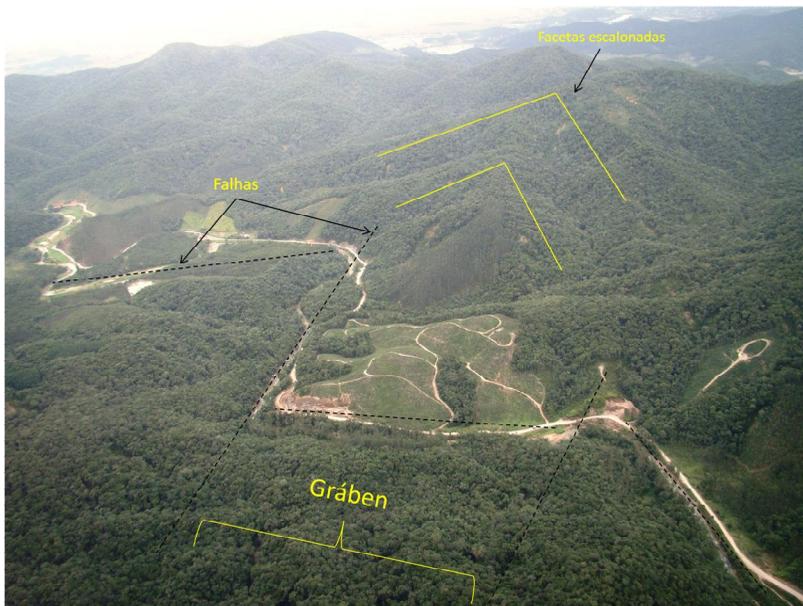
O relevo apresenta escalonamentos e o desenvolvimento de bacias suspensas (**Figura 65**) e a distribuição espacial da cobertura sedimentar que reproduz a complexidade de feições observadas tanto no contexto local quanto no regional. Estruturas de *Grábens* e *Horts* são observadas devido ao falhamento e reativações tectônicas da bacia (**Figura 66**). Dessa maneira, tendo como princípio que a tectônica influencia diretamente a evolução da paisagem, a dinâmica superficial irá erodir estas áreas de maneira desigual. Os processos de movimentos de massas representam relações diretas com áreas mais falhadas e com a quebra estrutural do relevo.



**Figura 64:** Modelo proposto da principal deformação da Bacia do Itajaí para a área de estudo com elementos das formas do relevo. Adaptado de Schoroder (2006), Rostirolla, *et al* (1992) e Krebs *et al.* (1990).



**Figura 65:** Relevo apresentando escalonamentos e bacia suspensa no alto da bacia, na localidade do Baú Seco (Complexo Luiz Alves). Feições geomorfológicas de facetas triangulares e quebra de declividade indicam zonas de falhas.



**Figura 66:** Área intensamente falhada no Grupo Itajaí. A figura localiza-se no centro da microbacia e a área é conhecida como “M” (Propriedade Germer). Ilustra ainda o principal sistema de falhas e as feições geomorfológicas derivadas como: *grabén* e facetas triangulares. Foto: José Henrique Vilella, 2011.

#### 4.2.3 Geomorfologia da Microbacia do Ribeirão do Baú

Para a caracterização dos aspectos físicos, a partir do Modelo Digital de Elevação (resolução 20m) e como subsídio para as interpretações geológicas e geomorfológicas, desenvolveu-se uma síntese temática a partir da Hipsometria (**Figura 67** - Mapa de Hipsometria da MicroBacia do Ribeirão do Baú), da Declividade (**Figura 68**: Mapa da Declividade da MicroBacia do Ribeirão do Baú) e dos fluxos superficiais (**Figura 69**: Mapa dos fluxos superficiais da MicroBacia do Ribeirão do Baú). Apresenta-se também um Mapa de Setores da MicroBacia do Ribeirão do Baú, gerado a partir da delimitação de sub-bacias e do uso do território (**Figura 70 e Tabela 4**) podendo servir para futuros trabalhos de detalhamento na área.

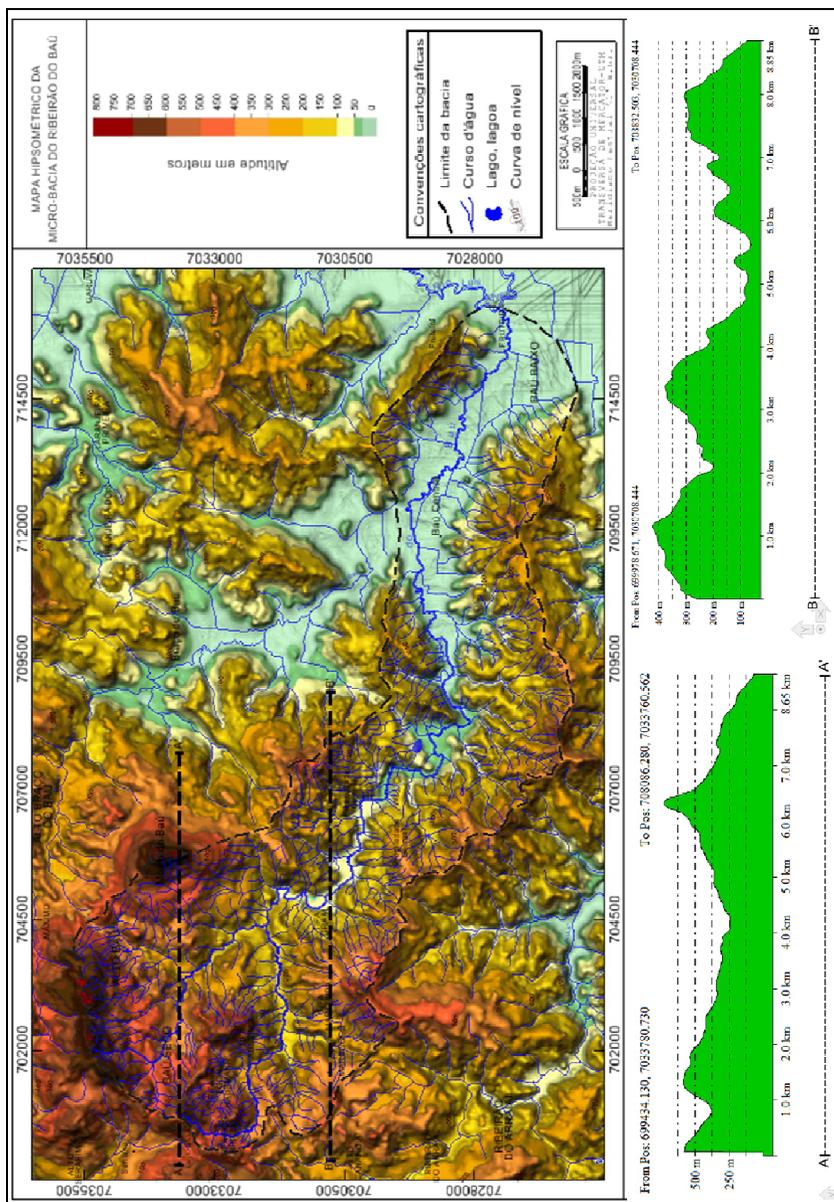


Figura 67: Mapa de Hipsometria da MicroBacia do Ribeirão do Baú.

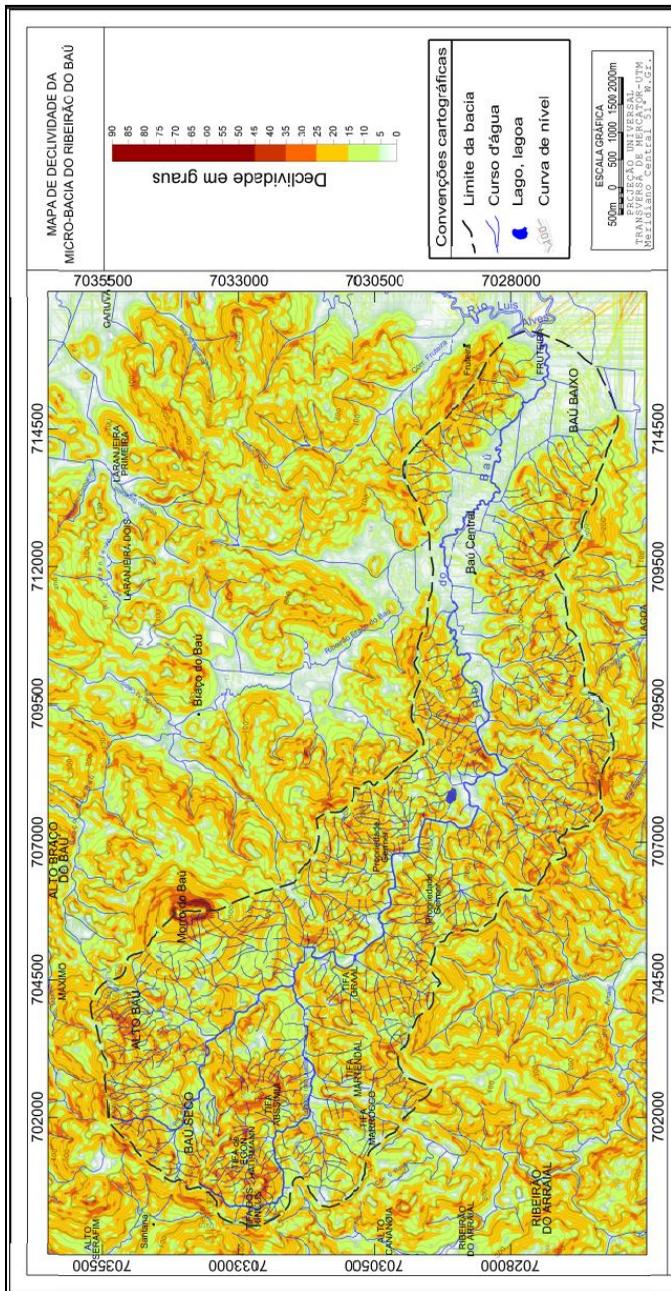
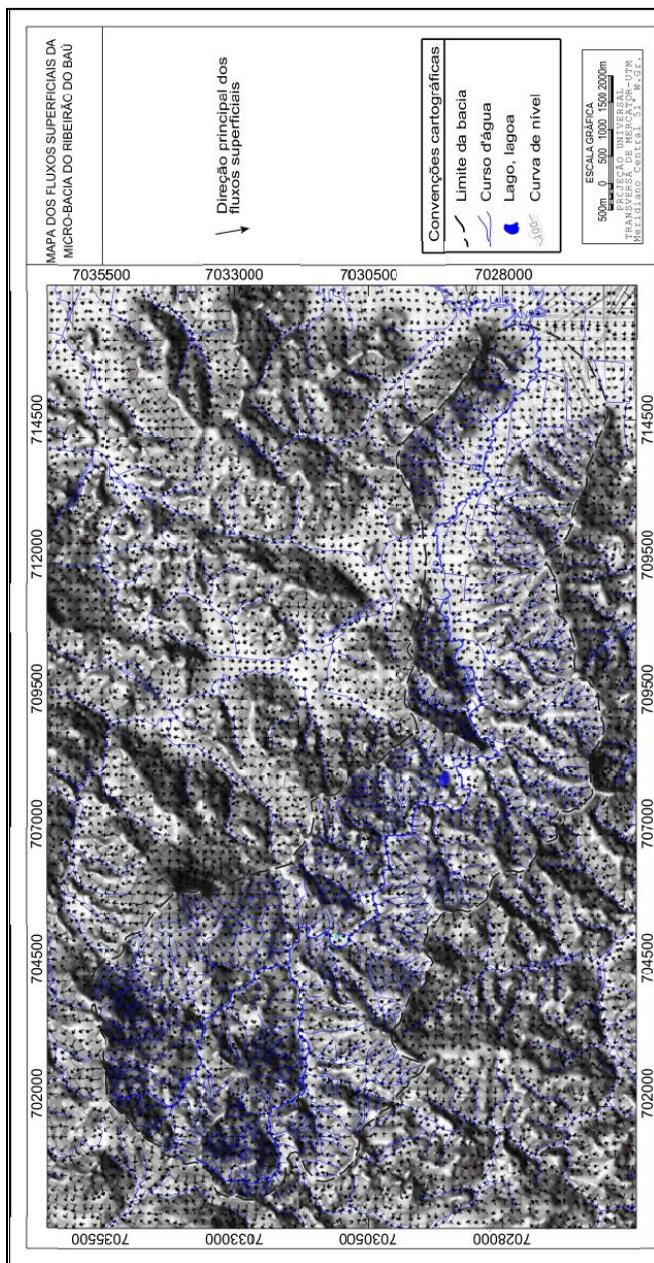
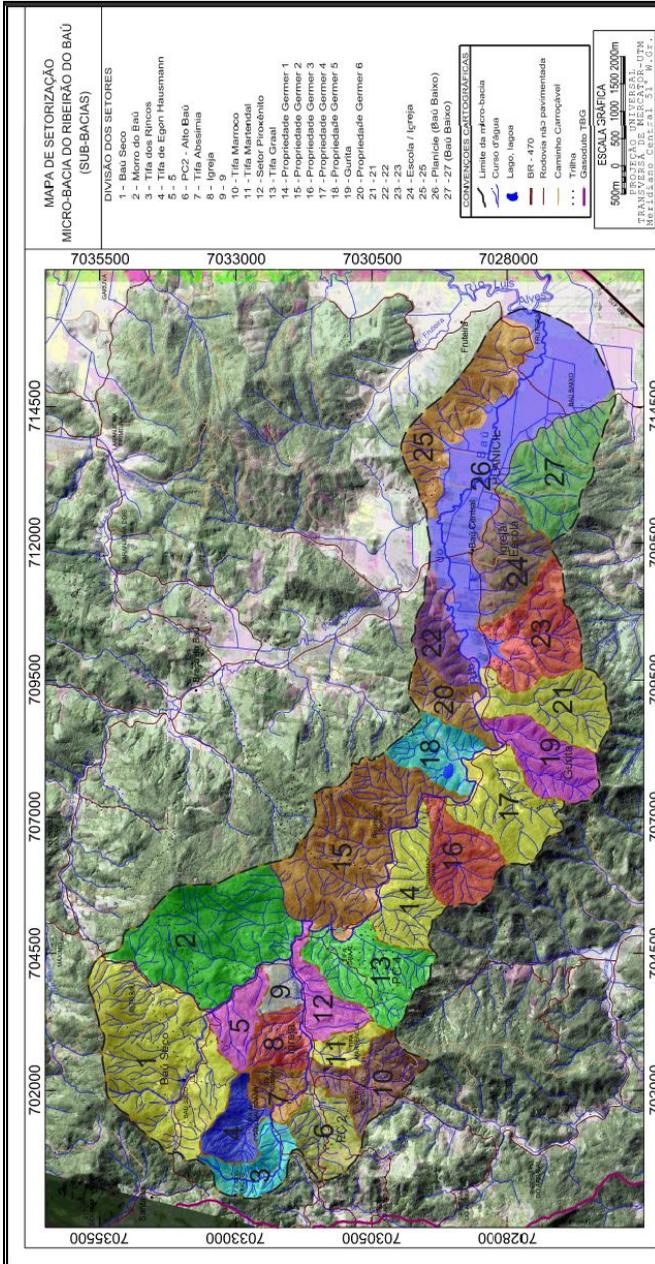


Figura 68: Mapa da Declividade da MicroBacia do Ribeirão do Baú.



**Figura 69:** Mapa dos fluxos superficiais da MicroBacia do Ribeirão do Baú.



**Figura 70:** Mapa de Setores da MicroBacia do Ribeirão do Baú.

**Tabela 4:** Relação dos setores (sub-bacias) da Microbacia do Ribeirão do Baú com a área, o perímetro e a geologia correspondente.

N	Nome	área (m2)	área (Km2)	Total ( % percentagem)	Perimetro (m2)	Perimetro geologia
1	Bau Seco	6202924,96	6,20	9,86	10668,51	10,67 Gn e Q
2	Morro do Baú	5349923,32	5,35	8,51	10449,85	10,45 Gn e Ar, Congl
3	Tifa dos Rincos	1277347,74	1,28	2,03	5913,62	5,91 Gn
4	Tifa de Egon Hausmann	1189128,54	1,19	1,89	5219,89	5,22 Gn
5		1126870,98	1,13	1,79	5140,32	5,14 Gn
6	PC2	1550402,36	1,55	2,47	4968,83	4,97 Gn
7	Tifa Abssimia	827694,36	0,83	1,32	3857,95	3,86 Gn
8	Igreja	1035639,34	1,04	1,65	4465,45	4,47 Gn
9		567443,76	0,57	0,90	3500,63	3,50 Gn
10	Tifa Marroco	1843122,94	1,84	2,93	7270,17	7,27 Gn e Ar, Congl
11	Tifa Martendal	665829,50	0,67	1,06	3875,66	3,88 Gn e Ar, Congl
12		1217235,56	1,22	1,94	6676,70	6,68 Gn e HI
13	Tifa Graal (PC4)	2636910,09	2,64	4,19	7658,82	7,66 Gn, HI, Ar e Congl
14	Germer 1	2108771,84	2,11	3,35	8016,26	8,02 Gn, Ar e Congl
15	Germer 2	5396712,55	5,40	8,58	7996,69	8,00 Ar, Congl e Gn
16	Germer 3	1904086,53	1,90	3,03	6103,48	6,10 Ar
17	Germer 4	2554325,36	2,55	4,06	7996,69	8,00 A, Gn e Pe
18	Germer 5	1503337,15	1,50	2,39	6059,63	6,06 Ar, Q
19	Gurita	1863305,12	1,86	2,96	6275,81	6,28 Pe, Ar
20		1120104,98	1,12	1,78	5697,53	5,70 ar
21		2259234,44	2,26	3,59	7890,22	7,89 ar
22		1434755,85	1,43	2,28	6604,70	6,60 ar, Q
23		2603491,96	2,60	4,14	7985,53	7,99 Pe, Ar
24	Igreja / Escola	2055991,99	2,06	3,27	7437,86	7,44 Pe, Ar
25		3036138,52	3,04	4,83	10902,47	10,90 Pe
26	Planície	6677980,70	6,68	10,62	21837,87	21,84 Q
27		2881459,57	2,88	4,58	8440,87	8,44 Pe, Ar
<b>total</b>			<b>62,89</b>	<b>100,00</b>		

A compartimentação geomorfológica da Microbacia do Ribeirão do Baú acompanha a compartimentação litológica e foi classificada de acordo com o Mapa dos DOMÍNIOS MORFOESTRUTURAIS E UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS. Folha Itajaí (IBGE, 2002) definida como:

#### *Modelado de Acumulação*

**Atf** - Terraço Fluvial - Área plana, levemente inclinada, apresentando *rupturas de declive em relação* ao leito do rio e às várzeas. Pode *apresentar-se* dissecado devido a mudanças no nível de base e conseqüentes retomadas erosivas.

#### *Modelado de Dissecação*

**Do** - Morraria (outeiro) - Dissecação com vales encaixados, mais fechados e com amplitudes altimétricas maiores que no colinoso, constituindo elevações convexo-côncavas, *conformando morros*.

*Declividade* das vertentes variando entre 20 e 45% (11 a 24°). Corresponde a litologia dos Pelitos.

**Dm** - Montanhas - Dissecação com vales bem encaixados, fechados, podendo conter terraços alveolares; topos extensos convexo-côncavos e vertentes com diferentes graus de inclinação por vezes desdobradas em patamares. As amplitudes altimétricas superiores a 200m conferem a qualificação de montanhas às elevações aí existentes. A declividade varia entre 45% e 75% (24 a 37°). Corresponde aos arenitos do Grupo Itajaí (com exceção a escarpa do topo do Morro do Baú) e ao Complexo Luiz Alves (Gnaiss e Piroxenito).

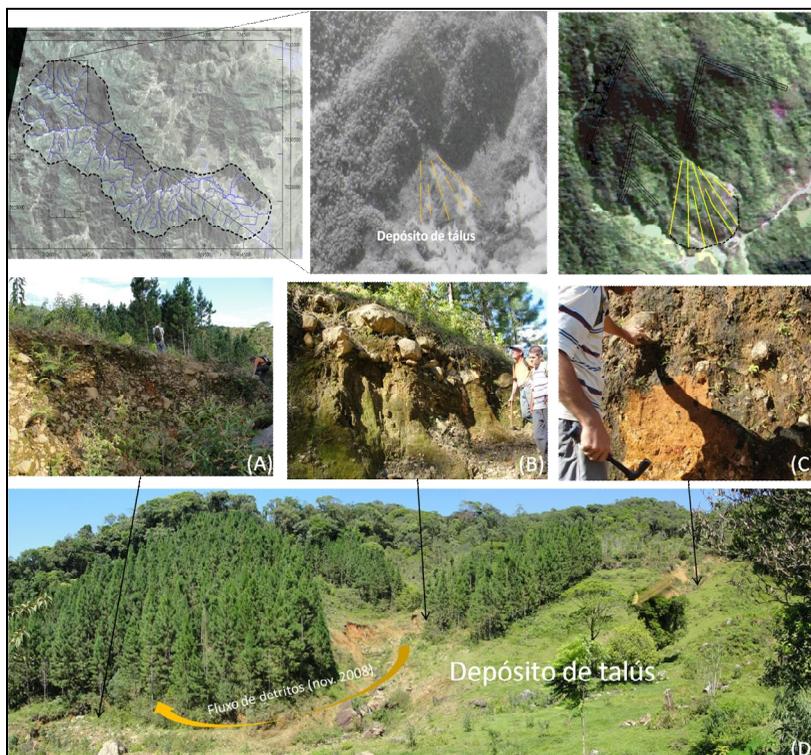
**De** - Escarpado - Dissecação em bordas de planaltos elevados conformando escarpas com amplitudes altimétricas de algumas centenas de metros, vales em "V" fechados e profundamente encaixados, com prolongamentos de relevos de topos angulosos formando esporões. A declividade das vertentes é superior a 75% (> 37°). Corresponde a escarpa monoclinal do Morro do Baú.

#### 4.2.3.1 Descrição do Mapa Geomorfológico – (Figura 77)

O Mapa Geomorfológico se constitui em importante instrumento na espacialização das feições geomorfológicas, permitindo representar a gênese das formas do relevo e suas relações com as estruturas e os processos. Para Tricart (1965), o mapa geomorfológico refere-se à base da pesquisa e não à concretização gráfica da pesquisa realizada, o que demonstra seu significado para melhor compreensão das relações espaciais, sintetizadas através dos compartimentos, permitindo abordagens de interesse geográfico como a vulnerabilidade e a potencialidade dos recursos do relevo.

Na compartimentação geomorfológica foram definidos e mapeados os modelados de acumulação, modelados de dissecação e bacias suspensas. As feições geomorfológicas foram definidas como: flúvios e interflúvios (divisores de água), ruptura de declividade, cachoeiras, colos, topo de morro, ombreiras, complexos de rampa de colúvio (depósito de tálus) e vales em "V". A partir do controle estrutural do relevo, principalmente nas zonas de falhas, processos controlados pela neotectônica, foram definidas as formas do relevo estruturalmente marcado por dissecações em cabeceiras de drenagem (formas de anfiteatro/grotões), cachoeiras (quebra de declividade) e "facetas triangulares".

Os depósitos de tálus definem a posição de antigos movimentos de massa. Os mais significativos foram encontrados no alto da microbacia (Alto Baú – caminho para o Alto Braço do Baú) (**figura 71**), no Baú Seco e um pequeno na Tifa Graal.



**Figura 71:** Depósito de tálus apresentando reativação de processos erosivos com o evento de novembro de 2008. (A) depósito do fluxo de detritos ocorrido em novembro de 2008; (B) depósito antigo de fluxo de detritos descoberto pelo fluxo mais recente; (C) material coluvial com pedogenizaçãõ; (D) vista parcial do depósito de tálus indicando as principais feições do evento de novembro de 2008. Fotos: autor, dezembro de 2010.

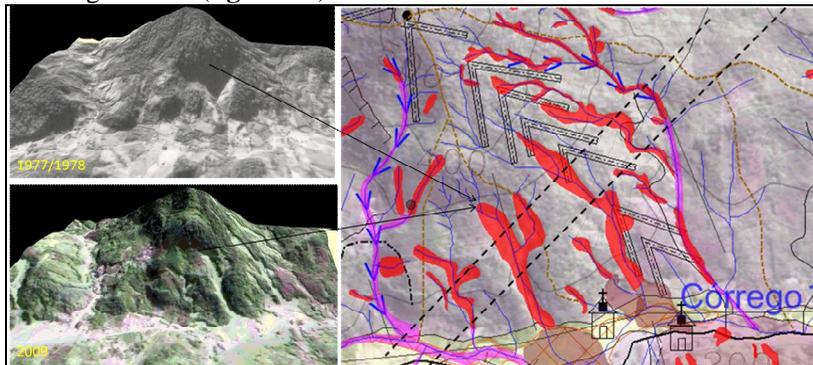
Diversas cachoeiras foram encontradas na área de estudo representando um nível de base local, gerado pela quebra de declividade por falhas normais ou contatos geológicos com cornija rochosa ocasionado pela erosão diferencial (**figura 72**).



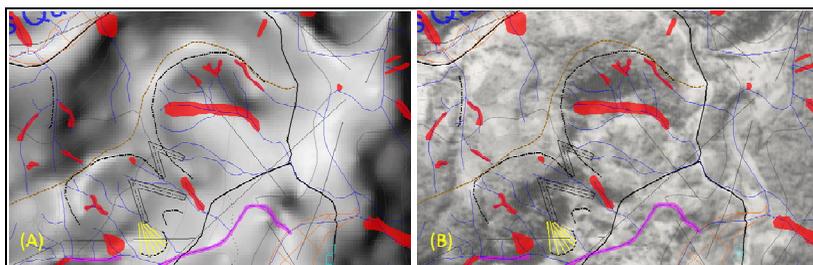
**Figura 72:** Cachoeiras. (A) Cachoeira formada na cornija rochosa do arenito no contato com o Complexo Luis Alves na subida do Morro do Baú - trilha principal do Parque Botânico do Morro do Baú; (B) Cachoeira por falha no Gnaisse (Az 300°); (C) Cachoeira formada por falha nas proximidades da sede do Parque. Fotos (A e B): autor, dezembro de 2010; Foto (C): Joel Pellerin, dezembro de 2008.

A evolução do relevo desenvolvida a partir de um bloco de falha normal, nas encostas onde ocorreu o soerguimento, é possível verificar uma série de **facetras triangulares** desenvolvidas a partir da dissecação dos fluxos superficiais. Este tipo de feição geomorfológica é indicadora de atividade neotectônica (HAMBLIN; CHRISTIANSEN, 2004) e onde ocorrem estas estruturas, em relevos ainda pouco dissecados, podem ocorrer concentrações de escorregamentos, por apresentar zonas de fraquezas, conforme exemplificado na **figura 73**. Também ocorrem nestas áreas de falhas feições em anfiteatros de erosão (grotões), formas côncavas na curvatura vertical e convergente na curvatura horizontal da

encosta. Dentro destas feições foram mapeados diversos escorregamentos (**figura 74**).

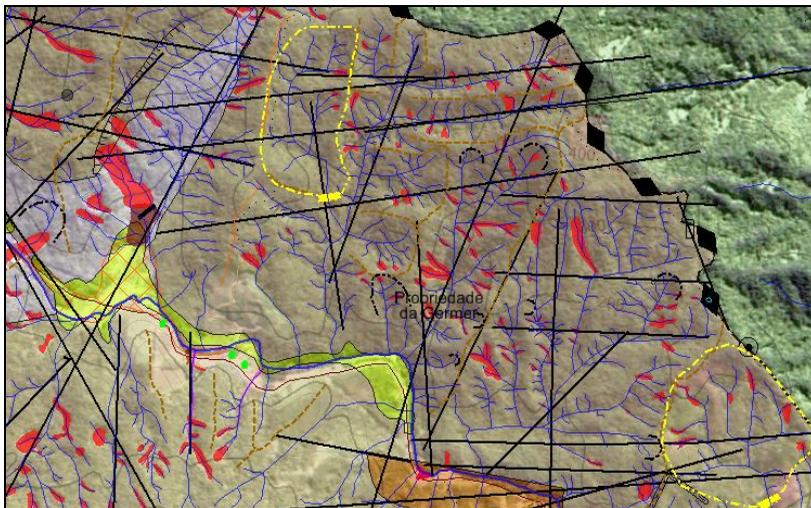


**Figura 73:** Vista do Morro da Igreja (Luterana) através bloco diagrama da fotografia aérea de 1977/1978 e Imagem Cbers 2009; e o detalhe do mapa geomorfológico na área demonstrando as facetas triangulares ocasionadas por falhas com grandes escorregamentos em novembro de 2008. Ver legenda figura 77.

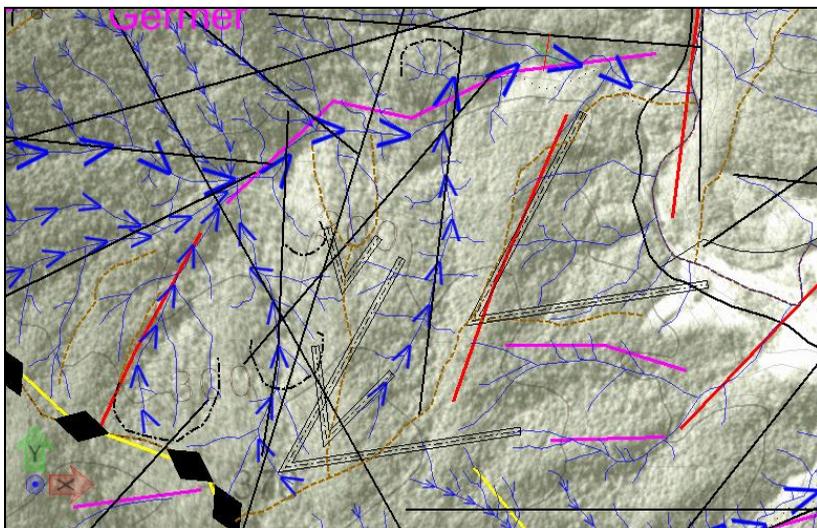


**Figura 74:** Anfiteatro de erosão em zona de falha. Estas representam formas côncavas e convergentes das encostas com ocorrência de escorregamentos. Nesta figura observam-se também as facetas triangulares e um pequeno depósito de tálus. Ver legenda figura 77.

Os padrões de drenagem, paralelos e retangulares, geralmente bem encaixados e em forma de 'V' encontrados na microbacia são também indicativos de áreas de falhas e/ou indicativos de camadas de rochas sedimentares dissecadas pela erosão diferencial (**figura 75**).



**Figura 75:** Padrão de drenagem paralelo. Estas formas são características de zonas de falhas e dobras em camadas sedimentares. Pode observar também as formas de bacias suspensas controladas pela estrutura de falhas. Ver legenda figura 77.



**Figura 76:** Vales em 'V'. Detalhe do mapa da Geomorfologia (Propriedade da Germer) demonstrando a drenagens com vales em forma de 'V'. Ver legenda figura 77.



FONTES: Imagem Ikonos/Quickbird (2003 e 2009) (Google Earth),  
Cbers pancromática (2009), Alos (2009), Landsat (2009),  
SPOT (2005), fotografias panorâmicas aéreas - sobrevôos de helicóptero  
realizados em 12/2008 e 01/2009. Carta IBGE Folha GASPAP 1:50000.  
Trabalhos de campo de dez/2008 a março/2011

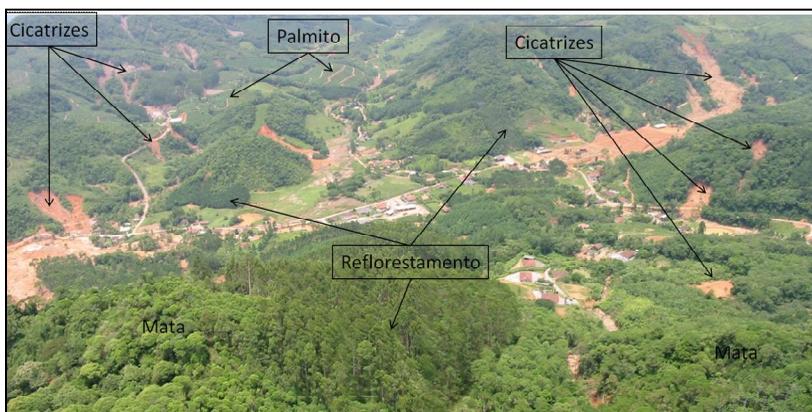
Levantamento aerofotogramétrico do ano de 1977/1978, Aerofotogramia Cruzeiro do Sul, escala média de 1:25000  
Levantamento aerofotogramétrico do ano de 1977/1978/1979, Aerofotogramia Cruzeiro do Sul, escala média de 1:45000, filme infravermelho  
Levantamento aerofotogramétrico realizado em 24 de junho de 1966  
Mapa Geologia, Geomorfologia e Solos (GERCO/IBGE) 1:100000

Produzido por Harideva Marturano Egas, Joel Pellerin,  
e Juan Flores. Edição final: Harideva Marturano Egas (Março/2011)

Figura 77: Mapa Geomorfológico da Microbacia do Ribeirão do Baú

### 4.3.1 O uso do solo na microbacia Ribeirão do Baú, Ilhota, SC e a correlação com os escorregamentos ocorridos em novembro de 2008

No total foram mapeadas 569 cicatrizes de escorregamentos, ocorridos em novembro de 2008, na microbacia do Ribeirão Baú, conforme exemplificado nas **figuras 78 e 79**. As cicatrizes correspondem a uma área de 1,68 km<sup>2</sup>, que equivalem a 2,67% da área total da microbacia. Cabe ressaltar que nesta avaliação não estão inclusas as massas deslizadas e o seu alcance, assim como, as áreas afetadas pelos fluxos de detritos. Nas cicatrizes das encostas afetadas por escorregamentos e nas massas deslizadas observou-se a sucessão ecológica por espécies pioneiras de vegetação, cobrindo em alguns locais toda a cicatriz. A correlação é observada na **tabela 5**



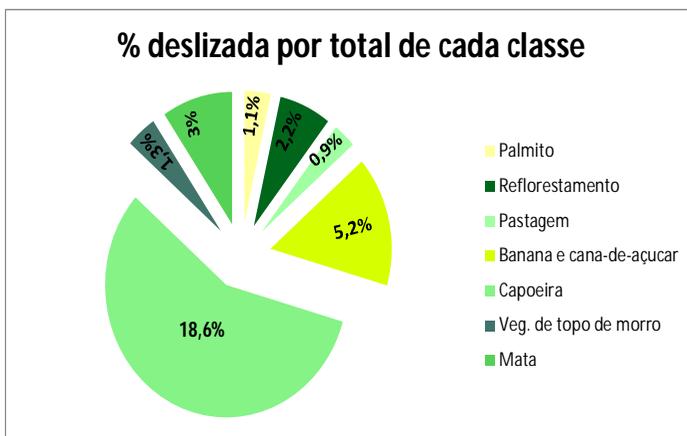
**Figura 78:** Vista Panorâmica parcial da montante da Bacia do Ribeirão Baú mostrando inúmeras cicatrizes de escorregamentos e o mosaico da paisagem referente ao uso do solo. Foto: Joel Pellerin, janeiro de 2009.



**Figura 79:** Sucessão vegetal em cicatriz de escorregamento em arenitos do Morro do Baú dois anos após o evento. Fotos: autor (19/12/2010)

**Tabela 5:** Correlação de áreas e percentagem das classes de uso do solo com as cicatrizes dos escorregamentos.

CLASSIS DO USO DA TERRA	Área (m <sup>2</sup> )	Área (%)	ÁREA TOTAL DESLIZADA POR CLASSE (m <sup>2</sup> )	ÁREA TOTAL DESLIZADA POR CLASSE (%)
Palmiteiro	630356,0	1,0	7280,0	0,4
Reflorestamento	5408892,0	8,6	122792,0	7,5
Pastagem	4294932,0	6,8	42872,0	2,6
Arroz	7349874,0	11,6	0,0	0,0
Benfeitoria e mandioca	225376,0	0,4	0,0	0,0
Banana e cana de açúcar	133140,0	0,2	6924,0	0,4
Capoeira	541948,0	0,9	100980,0	6,2
Água	407440,0	0,6	0,0	0,0
Veg. de topo de morro	110484,0	0,2	1164,0	0,1
Mata	44153604,0	69,8	1358928,0	82,8
<b>AREA TOTAL</b>	<b>63255996,0</b>	<b>100,0</b>	<b>1641240,0</b>	<b>100,0</b>

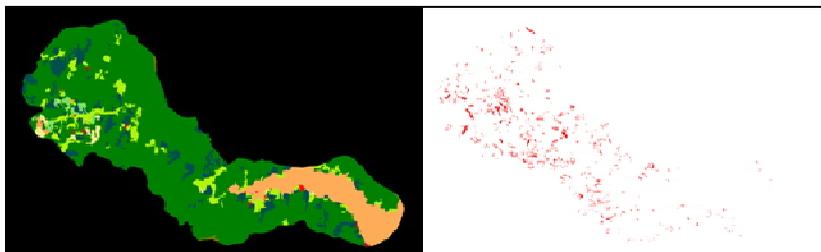


**Gráfico 3:** Correlação de áreas e percentagem de cada classe de uso do solo com as cicatrizes dos escorregamentos.

A partir da correlação dos totais de cada classe constatou-se que a classe capoeira foi a mais atingida por deslizamentos, tendo 18,6% de sua área total afetada, seguida da classe banana e cana-de-açúcar com 5,2%.

A maior ocorrência de cicatrizes corresponde à mata (82%) que equivale a mais de dois terços da área da microbacia. Estas áreas caracterizam-se pelo relevo íngreme, vales bem encaixados, de preservação permanente e que no passado sofreram alguma forma de intervenção antrópica. Em alguns casos os escorregamentos estariam relacionados com o passivo ambiental derivado de antigas trilhas utilizadas para o plantio, o corte seletivo de árvores, assim como caminhos antigos e novos que recortam estas encostas. Igualmente, é possível que o efeito alavanca das árvores tenham contribuído para o início e o colapso dos escorregamentos e por apresentarem geralmente áreas de maior declividade.

No Mapa do uso do solo é possível observar a sobreposição das classes de uso do solo com as cicatrizes dos escorregamentos (**Figura 35**), conforme também demonstrado na **figura 80**.



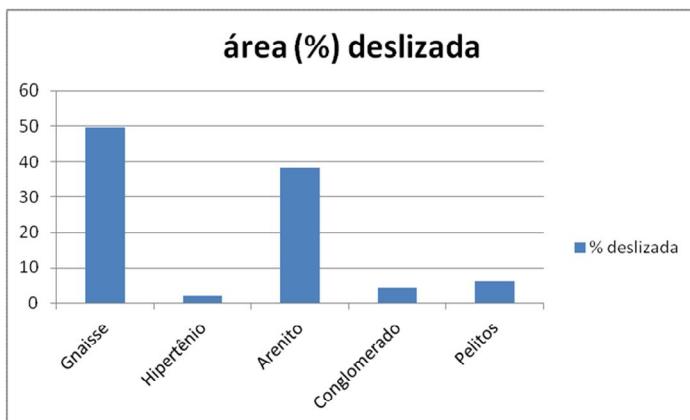
**Figura 80:** Classes de uso do solo e cicatrizes de deslizamentos. A imagem da esquerda representa as classes do uso do solo (usodosolo\_reclass.rst) e imagem da direita (desliza.rst) as cicatrizes dos deslizamentos na área de estudo.

#### 4.3.2 A geologia na microbacia Ribeirão do Baú, Ilhota, SC e a correlação com os escorregamentos ocorridos em novembro de 2008

Da mesma forma que no uso do solo procurou-se a correlação das áreas deslizadas com as classes da geologia. Nesta análise foi descartada a classe do quaternário pois esta não se relaciona a deslizamentos. A classe que obteve a maior porcentagem de área deslizada com 832999,87 m<sup>2</sup>, representando 49,56% (metade da área deslizada) foi o gnaisse, seguido do arenito com 642896,07 m<sup>2</sup> com 38,25%, dos pelitos com 103766,53 m<sup>2</sup> (6,17%), dos conglomerados com 69635,36 m<sup>2</sup> (4,14%) e o hiperstênio com 31360,5 m<sup>2</sup> (1,87%) conforme demonstrado na **Tabela 6** e **Gráfico 4**:

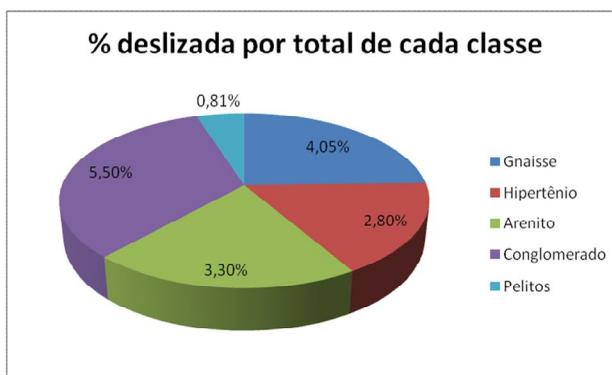
**Tabela 6:** Correlação de áreas e porcentagem das classes da geologia com as cicatrizes dos escorregamentos.

CLASSES DA Geologia	AREA (m <sup>2</sup> )	AREA DESLIZ	% deslizada
Gnaisse	20542048,91	832999,87	49,56
Hipertênio	1118131,94	31360,50	1,87
Arenito	19424505,32	642896,07	38,25
Conglomerado	1264899,85	69635,36	4,14
Pelitos	12675702,93	103766,53	6,17
Depósito aluvionar atual	7813162,09	0,00	0,00
Terraço Fluvial	51706,15	0,00	0,00
Área Total	62890157,20	1680658,33	100,00



**Gráfico 4:** Percentagem das classes da geologia com as cicatrizes dos escorregamentos.

A partir da correlação dos totais de cada classe constatou-se que a classe do conglomerado foi a mais atingida por deslizamentos, tendo 5,5% de sua área total afetada, seguida da classe do gnaíse com 4,5%. No Complexo Luiz Alves foram encontrados os maiores deslizamentos e os maiores fluxos de detritos podendo estar relacionado ao espesso mando de alteração dessas rochas com as inúmeras fraturas e falhas que este compartimento foi submetido (neotectônica). A correlação é apresentada na figura a seguir (**Gráfico 5**):



**Gráfico 5:** Correlação de áreas e percentagem de cada classe da geologia com as cicatrizes dos escorregamentos.

#### 4.4.1 Descrição do Mapa do Evento de 2008 na Microbacia do Ribeirão do Baú.

Nesta etapa, foi realizado um inventário dos processos ocorridos e espacializados em cartografia digital no Mapa do evento de novembro de 2008 com a localização dos escorregamentos, massas deslizadas, fluxos de detritos, planícies flúvias e cursos d' água modificados (**figura 81**), inundações por represamentos, degraus de abatimento do terreno e as áreas com residências atingidas ou não.



**Figura 81:** Ribeirão do Baú (Baú Central) modificado por inundação e enchente. (A) antes do evento (fotografia disponibilizada por moradores); (B) erosão e alargamento do canal fluvial. Foto: autor, fevereiro de 2009.

Em alguns setores, a partir de escorregamentos e da massa deslizada, ocorreram represamentos dos cursos d' água que modificaram planícies de inundações, atingindo residências e destruindo acesso como pontes (**Figura 82**).



**Figura 82:** Escorregamento com represamento do curso d' água e modificação da planície de inundação (UTM 705627/7030824). (A) Vista geral do escorregamento (dez de 2008); (B) Vista geral do escorregamento em sucessão ecológica da vegetação (outubro de 2011); (C) Planície modificada pelo represamento da massa deslizada; (D) Ponte destruída em 2008; e (E) Ponte reconstruída no mesmo local e destruída em janeiro de 2011. Fotos: A e E: autor; Fotos B, C e D: Joel Pellerin.

A **figura 83** apresenta um detalhamento da cicatriz do deslizamento da **figura 82** onde pode-se definir o contato geológico na crista de ruptura e as formas derivadas da massa deslizada, erodidas a partir escoamento superficial.



**Figura 83:** Detalhe do escorregamento da figura 82 (UTM 705627/7030824). As imagens superiores demonstram a crista do escorregamento e o contato litológico do arenito no topo do gnaisse. As imagens inferiores destacam a formação de novas cabeceiras de drenagem na massa deslizada provocada pela erosão superficial. Fotos: autor, dezembro de 2010.

As residências mapeadas e classificadas somam um total de 213, sendo que: 137 não foram atingidas e não se encontram em perigo, 15 não foram atingidas, mas encontram-se em perigo; 43 foram atingidas por escorregamentos e destruídas; e 18 atingidas por inundação. Ressalta-se que estas residências foram mapeadas em sua maioria no alto da bacia, pois foi o setor mais atingido e onde se concentraram as vistorias e os relatórios do CEPED/UFSC. A parte baixa da bacia apresenta diversas residências que não foram contempladas nesta análise.

Com exemplo de áreas atingidas por grandes deslizamentos e fluxos de detritos, afetando residências descreve-se o PC2 (setor 6) e Tifa dos Rincos (setor 3):

### **PC2 – Setor 6**

Nesta localidade ocorreram grandes movimentos de massa no Complexo Luis Alves que ocasionaram diversos óbitos, sendo uma das áreas mais afetadas na microbacia. O fluxo de lama e detritos avançou

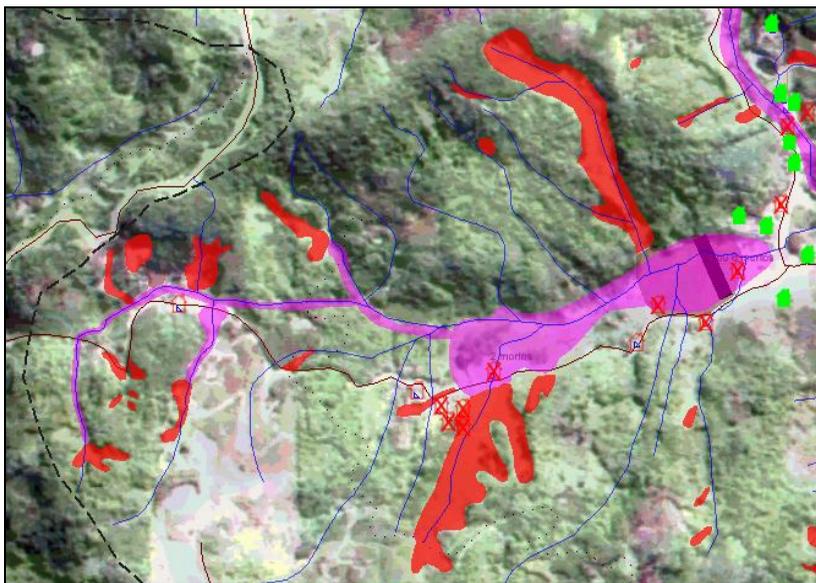
pelo vale, por grandes escorregamentos em ambas as encostas, soterrando casas e causando diversas vítimas. Segundo relatos dos moradores, a altura da onda do fluxo chegou a altura de um poste. O primeiro fluxo ocorreu a partir dos escorregamentos translacionais na montante, vale secundário sul e cabeceiras vale principal, percorrendo mais 700 m pelo vale principal e atingindo diversas residências (**figura 84**); posteriormente o curso d'água foi represado por um grande deslizamento translacional espesso na encosta norte do vale (**Figura 85**). Pode-se observar o detalhe das feições a partir da **Figura 86**.



**Figura 84:** Escorregamentos de grande proporção no Ribeirão do Baú, Ilhota, SC que gerou um fluxo de lama e detritos destruindo várias residências. Foto: Joel Pellerin, jan./2008.



**Figura 85:** Escorregamento translacional espesso com represamento. A massa deslizada (450 m de cicatriz) gerou um fluxo de lama e detritos e formou uma barragem no vale principal, destruindo várias residências. As imagens da esquerda demonstram a evolução temporal da massa deslizada que provocou o represamento. Foto: Joel Pellerin, jan./2008.



**Figura 86:** Detalhe do mapa de evento na área conhecida como PC2, evidenciando as cicatrizes dos escorregamentos, fluxos de detritos e residências atingidas. Ver Mapa do evento de novembro de 2008 (figura 93).

### Tifa dos Rincos – Setor 3

Esta localidade também se encontra no domínio do Complexo Luiz Alves com espessos mantos de alteração que recobre as rochas gnáissicas.

Esta tifa foi completamente destruída por grandes deslizamentos (**figuras 87 e 88**) que geraram um grande fluxo de detritos que destruiu a estrada, casas, propriedades e plantações, chegando ao vale principal do Ribeirão do Baú (**Figuras 89 e 90**) percorrendo um total de 3,4 km. Este fluxo aconteceu, segundo relatos do morador Valdomiro Rincos, as 21h30 do dia 23/11/2008. No vale principal foram medidas da passagem do fluxo de detritos: UTM 700710/7032160: 27,50m mais a jusante; e 53 m mais a montante- UTM 700557/7032252: 53m (**Figura 81**).



**Figura 87:** Grande deslizamento translacional no Gnaisse (Tifa dos Rincos). A partir deste deslizamento foi gerado enorme fluxo de detritos que seguiu a rede de drenagem. Notar marcas de erosão posterior ao deslizamento Foto: Joel Pellerin (jan, 2009)



**Figura 88:** Grandes deslizamentos e fluxos de detritos que contribuí para o reforço do fluxo de detritos advindo da Tifa dos Rincos. Foto: Joel Pellerin (jan, 2009)



**Figura 89:** Detalhe da passagem do fluxo (A) Grande fluxo de detritos advindo da Tifa dos Rincos destruindo várias residências. (B) Medida de 53m da largura da passagem do fluxo no vale principal da Tifa dos Rincos. Fotos: Joel Pellerin (jan, 2009)

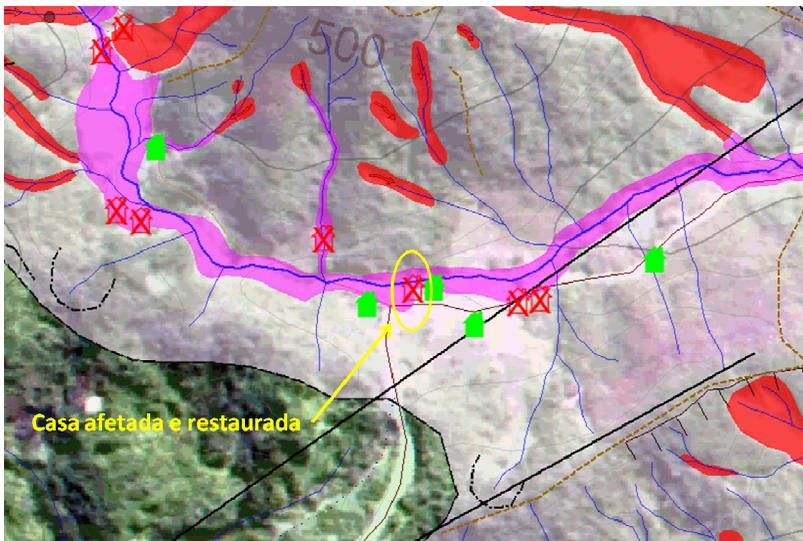


**Figura 90:** Percurso do fluxo de detritos advindo da Tifa dos Rincos provocando mudanças nos leitos dos rios. Fotos: Joel Pellerin (jan, 2009).

Nesta localidade, logo na saída do vale principal, encontra-se uma residência atingida e interdita em janeiro e 2009 pela a equipe do CEPED/UFSC (**Figura 91**). Mesmo interdita, esta foi reparada e reocupada. Este tipo de situação foi encontrado em diversas localidades no Vale do Itajaí trazendo uma situação iminente de risco em casos de novos movimentos de massa.



**Figura 91:** Residência atingida por fluxo de detritos advindo da Tifa dos Rincos em novembro de 2008 e restaurada em mesmo local. (A) Foto tirada em 5 de fevereiro de 2009; (B) Residência restaurada no mesmo local: Foto tirada em 15 de novembro de 2010.



**Figura 92:** Detalhe no mapa de casa atingida e restaurada. Fluxo de detritos advindo da Tifa dos Rincos que atingiu diversas residências. Ver Mapa do evento de novembro de 2008 (figura 93).



## 5. CONSIDERAÇÕES E DISCUSSÃO

1. A região costeira de Santa Catarina, entre o oceano e o Planalto da Serra Geral, se constitui, generalizadamente, em área de risco de ocorrência de desastres naturais dos tipos inundações e movimentos de massa, devido às suas condições regionais climáticas, geológicas, geomorfológicas e de uso do solo. Daí a necessidade de organização e planejamento do espaço como forma de mitigar os danos destes processos. Quando ocorre algum acidente ou desastre natural no Brasil, a Defesa Civil é mobilizada; no entanto, age durante ou após o evento já ter ocorrido, quase não havendo medidas de previsão e prevenção desses acidentes ou desastres. Por essa razão a quantidade de danos e prejuízos consequentes de desastres cresce a cada ano.

2. Com relação ao uso do solo e a correlação com as cicatrizes dos escorregamentos não é possível afirmar uma efetiva classe mais susceptível. Apenas, que a mais atingida foi a mata por constituir dois terços da área da microbacia, área de maior declividade e por constituir-se em dois terços do total da microbacia. Mesmo assim a classe da capoeira apresenta o maior percentual com 18,6% na correlação de áreas e percentagem de cada classe de uso do solo com as cicatrizes dos escorregamentos. Os fatores predisponentes que se relacionam melhor aos movimentos de massa são os critérios da geologia e geomorfologia. Coincidentemente o Complexo Luiz Alves em áreas de morraria representa metade da área (montante da microbacia) e O Grupo Itajaí a outra metade localizada em sua maioria do centro da microbacia para a jusante. A classe que obteve a maior porcentagem de área deslizada foi o gnaisse com 49,56% (metade do total da área deslizada), seguido do arenito com 38,25%. Mesmo com a correlação dos totais de cada classe onde a classe do conglomerado foi a mais atingida por deslizamentos, tendo 5,5% de sua área total afetada, o gnaisse aparece logo em seguida 4,5% indicando uma classe mais susceptível. Isto pode estar correlacionado, principalmente ao fato de ocorrerem espessos mantos de alteração nas rochas metamórficas do Complexo Luis Alves, que são intensamente falhadas e fraturadas. relevo apresenta-se mais energético devido sua maior amplitude em relação a jusante da microbacia.

Os movimentos de massa ocorreram de maneira generalizada na microbacia, atingindo tanto o Complexo Luiz Alves quanto o Grupo

Itajaí (569 cicatrizes mapeadas). No entanto há uma concentração de grandes escorregamentos (50%) com fluxos de detritos no alto da bacia (Complexo Luiz Alves), fatores estes deflagrados após grandes acumulados e intensas precipitações em três dias totalizando mais de 600 mm.

3. Nos aspectos geomorfológicos, nota-se que os escorregamentos ocorreram, em sua grande maioria, dentro dos eixos de drenagem de primeira e segunda ordem. Anfiteatros de erosão e cabeceiras de drenagem são feições, conjuntamente com os depósitos de tálus e as facetas triangulares, indicativos de áreas susceptíveis a processos erosivos por movimentos de massa por suas características ligadas a antigos processos (anfiteatros de erosão e depósito de tálus) e zonas de fraquezas por falhas (facetadas triangulares). Notou-se uma concentração de escorregamentos nestas áreas. Áreas com relevos escarpados tanto por ruptura monoclinial (como exemplo os deslizamentos no Morro do Baú na Figura 46) quanto por ruptura convexa muito acentuada também estão relacionados com áreas susceptíveis e de ocorrência de escorregamentos. As planícies e margens de cursos d' água evidenciaram que o risco não está apenas nas encostas, pois grandes fluxos de lama e/ou detritos, em alguns casos atingiram os córregos com a passagem do fluxo atingindo erodindo lateralmente 30 m da calha fluvial. E diversas planícies quaternárias da área de estudo sofreram com o acúmulo do material deslizado ou com inundações provocadas represamento de vales por escorregamentos a jusante.

4. O mapa do evento de novembro de 2008 na Microbacia do Ribeirão do Baú, onde são localizados os escorregamentos e algumas massas deslizadas, trincas e degraus de abatimento do terreno, fluxos de lama e/ou detritos, represamento temporário de cursos d' águas com conseqüente inundações a montante e residência atingidas pelos movimentos de massa e inundações pode indicar que estas feições mapeadas constituem-se áreas de risco a ocorrer novos eventos perigosos aos moradores que ali habitam.

5. Há uma necessidade de conhecer melhor os eventos pluviométricos que deflagram os escorregamentos. Daí a necessidade da instalação de uma rede de detalhe no território para estabelecer índices (limiares) de correlação com para cada domínio geológico-geomorfológico.

6. Acredita-se, que a presente proposta da dissertação, cumpriu seus objetivos gerais que foram realizar um inventário dos aspectos físicos da área (Geologia, Geomorfologia e Uso do solo) e dos processos de movimentos de massa relacionados ao evento catastrófico que atingiu a microbacia do Ribeirão do Baú. Contribui diretamente para subsidiar futuros levantamentos de detalhe e fornece elementos e dados para o projeto maior a qual esta vinculada: MAPEAMENTO GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO PARA DETERMINAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO NO COMPLEXO DO MORRO DO BAÚ, FAPESC/FAPEU. Com estes dados, principalmente os cartográficos, poderão ser realizados futuros trabalhos de modelagem a susceptibilidade de ocorrência de novos movimentos de massa.

7. Para os futuros trabalhos, poderão ser realizados mapas de susceptibilidades a novos movimentos de massa através de estatísticas de correlação (análise multicritério), análise da distribuição dos movimentos de massa em campo ou mesmo modelagens matemáticas com modelos de estabilidade de encostas e hidro-geomorfológicas. A partir de alguns critérios, eventualmente mais simples com a análise de distribuição dos movimentos de massa em campo pode-se estabelecer zonas de risco, conforme apontada pelo Ministério da Cidade e Instituto de Pesquisas Tecnológicas -IPT.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB' SABER, A. A. UM CONCEITO DE GEOMORFOLOGIA SERVIÇO DAS PESQUISAS SOBRE O QUARTENÁRIO. Universidade de São Paulo. Instituto de Geografia. São Paulo, 1969.

AUMOND, J. J.; SEVEGNANI, L.; TACHINI, M.; BACCA, L. E. Condições Naturais que tornam o vale do Itajaí sujeito aos desastres (Cap2). In.: FRANK, B.; SEVEGNANI, L. (orgs.). *Desastre no vale do Itajaí. Água, gente e política*. Blumenau: Agência de Água do Vale do Itajaí, 2009. 192p.

AVELAR, A. S.; LACERDA, W.A.; COELHO NETTO, A. L. Mecanismo de iniciação de fluxos detríticos no Maciço da Tijuca (RJ): o caso da encosta de Soberbo. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. Ano 7, n 1. P. 73-83. 2006.

BATISTA, G. M. M. *As geotecnologias nos estudos de Geografia Física Aplicada*. In: *Revista Sociedade e Território*. V. 20, n. 2, p 287-322. jul./dez. 2008.

BAUZYS, F. Identificação, análise e mapeamento dos movimentos de massa ocorridos em novembro de 2008, no alto da Bacia do Ribeirão Belchior, Gaspar-SC. 237 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Florianópolis, 2010.

BELTRAME, Ângela da V. *Roteiro para orientação de trabalhos de campo na disciplina de biogeografia*. In: I Jornada Brasileira de Biogeografia. FAPESP – FCT – UNESP. Presidente Prudente. SP. 1998. (p. 27-32)

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global. Esboço Metodológico. In: *Revista RA'E GA*, Curitiba, n.8, p. 141-152, Editora UFPR. 2004

BERTRAND, C.; BERTRAND, G. *Uma Geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades*.

Org. e Tradução: Messias Modesto Passos. Maringá. Ed. Massono, 2009. 360p.

BIGARELLA, J. J. *Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994 - v. I.

BIGARELLA, J. J. *Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2003 - v. III.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D. *Catastrophic events in the Tubarão area*. Intern. Symposium on the Quaternary. Bol. Paranaense de Geociências, Curitiba, 33, p. 200-2006. 1975.

BIONDI, J. C.; SCFFICKET, G.; BUGALHO, A. PROCESSOS MINERALIZADORES EM BACIAS TARDI-OROGÊNICAS 1. INFLUÊNCIA DAS ESTRUTURAS RÍGIDAS NA GERAÇÃO DOS DEPÓSITOS DA MINEPAR E DO RIBEIRÃO DA PRATA, GRUPO ITAJAÍ (SC). In: Revista Brasileira de Geociências. 22(3):275-288, setembro de 1992. Departamento de Geologia. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 1992.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas Sobre Desastres. *Resposta ao Desastre em Santa Catarina no ano de 2008: avaliação das áreas atingidas por movimentos de massa e dos danos em edificações durante o desastre*. Florianópolis, CEPED, 2009.

BRASIL. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. Mapeamento de Riscos em Encostas em Margens de Rios. CARVALHO, E. S. M.; OGURA, A. T. (orgs.). Brasília. 2007, 176p.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. Bacia do Rio Itajaí. Santa Catarina: DCRH – Divisão de Controle de Recursos Hídricos, 1984.

CENDREIRO UCEDA, A. *Riesgos Geológicos, ordenacion del territorio y proteccion del medio ambiente*. In.: Riesgos Geológicos. Instituto Geologico y Minero de Espana. 1988. p. 327-333

CERRI, L. E. da S. Riscos Geológicos Urbanos. In: CHASSOT, A. & CAMPOS, H. (Orgs.). *Ciências da Terra e Meio Ambiente: Diálogo para (inter) ações no Planeta*. São Leopoldo:Ed. UNISINOS, 1999, p. 49-73.

CEPED/UFSC. CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES / UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Projeto: Resposta o desastre de novembro de 2008 em Santa Catarina. Relatórios de vistorias. 2009.

CEPED/UFSC. CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES / UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Projeto: Suporte técnico para avaliação de áreas afetadas por eventos adversos em SC. Complemento Técnico do Project de Capacitação em Defesa Civil. Relatórios de vistorias. 2010.

CEPED/UFSC. CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES / UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Projeto: Suporte técnico para avaliação de áreas atingidas por desastres em Santa Catarina. Relatórios de vistorias. 2011.

CHEMALE JR. F.; MALLMANN G.; BITENCOURT, M. F.; KAWASHITA, K. *Isotope geology of syntectonic magmatismo along the Majos Gercino Shear Zone, southern Brazil: implications for the timing of deformation events*. In.: IV South Am. Sump. Isotope Geol., Salvador, Brazil, pp.: 516-519. 2003.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1980.

COELHO NETTO, A. L. *A INTERFACE FLORESTAL-URBANA E OS DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS À ÁGUA NO MACIÇO DA TIJUCA: desafios ao planejamento urbano numa perspectiva sócio-ambiental*. Revista do Departamento de Geografia, 16 (2005) 46-60. FFLCH – USP. 2005. Disponível em: [http://www.geografia.ffe.usp.br/publicacoes/RDG/RDG\\_16/Ana\\_Luiza\\_Coelho\\_Netto.pdf](http://www.geografia.ffe.usp.br/publicacoes/RDG/RDG_16/Ana_Luiza_Coelho_Netto.pdf), acesso em: 20/09/2008.

COELHO NETTO, A. L. *Evolução de Cabeceiras de Drenagem no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ): a Formação e o*

Crescimento da Rede de Canais sob Controle Estrutural. *In.*: Revista Brasileira de Geomorfologia. Ano 4, nº 2 (2003) p. 69-100.

COELHO NETTO, A. L.; AVELAR, A. de S. O USO DA TERRA E A DINÂMICA HIDROLÓGICA. COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO E EROSIVO DE BACIAS DE DRENAGEM (cap. 5). *In.*: SANTOS, F. R. dos (org). Vulnerabilidade Ambiental. Brasília: MMA, 2007. 192p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Define vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica a fim de orientar os procedimentos de licenciamento de atividades florestais no Estado de Santa Catarina. *Resolução nº 4 de 4 de maio de 1994*. Disponível em: <[www.mma.gov.br/port/conama/res/res94/res0494.html](http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res94/res0494.html)> Acesso em 04/11/2007.

CORREA, A. C. B. Padrões evolutivos dos geossistemas integrantes das superfícies de cimeira do planalto da borborema, nordeste do Brasil. *In.*: MENDONÇA, F. A.; LOWEN-SAHR, C. L.; SILVA, M. (Orgs). Espaço e tempo: complexidade e desafios do pensar e do fazer geográfico. Associação de Defesa do Meio Ambiente e Desenvolvimento de Antonina (ADEMADAN); Encontro Nacional da ANPEGE, Curitiba, 2009; 740p.

COSTA, R.C.B.; BUSS, M.D.; ROSA, R.O. Geomorfologia. *In.*: IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Levantamento de Recursos Naturais*. Volume 35. Folha SG.22 Curitiba, parte de Folha SG.21 Assunción e Folha SG.23 Iguape. 2005.

CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T.; *Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações*. 2º Ed.. –Rio de Janeiro; Bertrand, 2002.

DRM/RJ. *DEPARTAMENTO DE RECURSOS MINERAIS. SERVIÇO GEOLÓGICO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO E DE PESQUISADORES DA PUC-RIO, UFRJ E UERJ* (2011). disponível em:

[http://www.drm.rj.gov.br/index.php?option=com\\_phocadownload&view=category&id=13:regio-serrana&Itemid=188](http://www.drm.rj.gov.br/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=13:regio-serrana&Itemid=188)

EPAGRI. Governo do Estado de Santa Catarina. Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural. Empresa de Pesquisa

Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. *Relatório Sobre o levantamento dos deslizamentos ocasionados pelas chuvas de novembro de 2008 no Complexo do Morro do Baú Municípios de Ilhota, Gaspar e Luiz Alvez.* 2009. Disponível em: ([http://ciram.epagri.sc.gov.br/areas\\_risco/Relatorio\\_Morro\\_Bau.pdf](http://ciram.epagri.sc.gov.br/areas_risco/Relatorio_Morro_Bau.pdf), acesso em 03/02/2009)

FERNANDES, N.F.; AMARAL, C.P. Movimentos de Massa: Uma abordagem Geológico-Geomorfológica In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. *Geomorfologia e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 372 p.

FERNANDES, N.F; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T.; VIERA, B. C.; MONTGOMERY, D. R.; GREENBERG, H. Condicionantes Geomorfológicos dos Deslizamentos de Encostas: Avaliação de Metodologias e Aplicação de Modelo de Previsão de Áreas Susceptíveis. In: *Revista Brasileira de Geomorfologia*. Volume 2, n<sup>o</sup> 1 (2001) 51-71.

FLORES, J. A. A.; PELLERIN, J. R. G. M.; EGAS, H. M. *Movimentos Gravitacionais de Massa no Município de Gaspar, Vale do Itajaí, SC, na catástrofe de novembro de 2008. Caracterização dos processos por critérios geomorfológicos, geológicos e pedológicos*. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física aplicada, XVII. *Anais...* Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa - UFV, 2009.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo (SP): Oficina de Textos, 2008. 318p

FLORENZANO, Tereza Gallotti. *Imagens de satélite para estudos ambientais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B.. *Geomorfologia e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 372 p.

GUERRA, A.T. *Dicionário Geológico-Geomorfológico*. 2ª Ed. – Rio de Janeiro: Biblioteca Geográfica Brasileira (IBGE), 1966.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. *Estabilidade de taludes naturais e de escavação*. 2º edição. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1976,194 p.

GUIDICINI, G.; IWASA, O. Y. *Ensaio de correlação entre pluviosidade e escorregamentos em meio tropical*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Publicação nº 1080. 1976.

GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO Jr., O. A.; GOMES, R. A. T.; FERNANDES, N. F. Movimentos de Massa *In.*: FLORENZANO, T. G. (Org.). *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

HAMBLIN, W. Kenneth; CHRISTIANSEN, Eric H. Earth's dynamic systems. 10. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2004. 759 p. ISBN 0131420666. Disponível em: <http://earthds.info/>

HERRMANN, M. L. P.; PELLERIN, J. R. G. M.; SAITO, S. M. *Análise das ocorrências de escorregamentos no Estado de Santa Catarina com base nos formulários de avaliação de danos da Defesa Civil – 1980 a 2003*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 159-173. (CD-ROM).

HERRMANN, M. L. P.; PELLERIN, J. R. G. M.; SAITO, S. M. *Escorregamentos*. In: HERRMANN, M.L (org.) *Atlas de desastres naturais do estado de Santa Catarina*. Florianópolis: IOESC, 2005. p. 97-100.

HERRMANN, M.L (org.) *Atlas de desastres naturais do estado de Santa Catarina*. Florianópolis: IOESC, 2005. 146 p.

HOMERO, H. Entrevista Revista Discente Expressões Geográficas. *In.*: Revista Discente Expressões Geográficas, nº 05, ano V, p. 01 – 14. Florianópolis, maio de 2009.

IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. Série manuais técnicos em geociências, número 1. Rio de Janeiro. 1992.

IBGE. Projeto Gerenciamento Costeiro (3ª fase). Geologia. Florianópolis. 2003

IBGE. MAPA DOS DOMÍNIOS MORFOESTRUTURAIS E UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS. Folha Itajaí. 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades@: População 2010. IBGE, Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em 02/02/2011.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. *Ocupação de encostas*. Marcio Angelieri Cunha (coordenador). Publ. IPT 1831. IPT, S. Paulo, 1991.

KLEIN, R.M *Ecologia da Flora e vegetação do Vale do Itajaí/SC*. Sellowia 31: 70-89. Itajaí.SC 1979.

KLEIN, Roberto Miguel. *Ecologia da Flora e Vegetação do Vale do Itajaí* (continuação). Sellovia nº 32. Itajaí, 1980.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D.A.; MARCELINO, I.P.V.O.; MARCELINO, E.V.; GONÇALVES, E.F.; BRAZETTI, L.L.P.; GOERL, R.F.; MOLLERI, G.; RUDORFF, F. *Prevenção de desastres naturais: Conceitos básicos*. Curitiba: Organic Trading, 2006. 109 p.

KREBS, A. S. J.; SILVA, M. A.; DIAS, A.A.; CAMOZZATO, E.; LOPES, R. C. Modelo geométrico-cinemático e relações com o Cinturão Granulítico e Cinturão Metavulcano – Sedimentar Brusque: instalação, preenchimento e inversão da bacia. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 36, Natal, 1990. Anais, Natal, SBG, v.6., p.2966-2975.

MATOVANI, Waldir. A Degradação dos Biomas Brasileiros. In: RIBEIRO, Wagner Costa (Org.). *Patrimônio Ambiental Brasileiro*. São Paulo: Edusp / Imprensa Oficial. USP, 2003. p. 367-439.

MARCELINO, E.V. *Desastres naturais e geotecnologias: Conceitos básicos*. INPE/CRS: Santa Maria, 2008. 38p. Disponível em: [http://www.inpe.br/crs/geodesastres/imagens/publicacoes/cadernos/Caderno1\\_Desastres%20Naturais-conceitosbasicos.pdf](http://www.inpe.br/crs/geodesastres/imagens/publicacoes/cadernos/Caderno1_Desastres%20Naturais-conceitosbasicos.pdf). Acesso em: 28 nov. 2008.

MARCELINO, E.V. *Mapeamento de áreas susceptíveis a escorregamentos no município de Caraguatatuba (SP) usando técnicas de sensoriamento remoto*. 2003. 228f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – INPE, São José dos Campos. 2003.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. *Capacitação em mapeamento e gerenciamento de risco*. Florianópolis: CEPED/Ministério das Cidades, 2006.

MONTEIRO, M., A., MENDONÇA, M. Dinâmica atmosférica no estado de Santa Catarina. In: HERRMANN, M.L (org.) *Atlas de desastres naturais do estado de Santa Catarina*. Florianópolis: IOESC, 2005. 146 p.

MOURA, A. C. M. *Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseado em Análise de Multicritérios*. In: Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil. INPE. 2007. p. 2899-2906.

MOURA, J. R. S., SILVA, T. M. Complexos de Rampas de Colúvio. In: CUNHA, S. B. da; GUERRA, J. T. (orgs) *Geomorfologia do Brasil*. – 4ª Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 392p.

NOVO, E. M. L. de M. Ambientes Fluviais in: FLORENZANO, Teresa Gallotti. *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo (SP): Oficina de Textos, 2008. 318p

PELLERIN, J. R. G. M.; DUARTE, G. M.; SCHEIBE, L. F.; MENDONÇA, M. ; MONTEIRO, M. A. ; CARDOSO, C. TIMBE DO SUL - JACINTO MACHADO: Avaliação Preliminar da Catástrofe de 23-24/12/95. GEOSUL, Florianópolis, v. 12, n. 23, p. 71-86, 1997

PELLERIN, J. R. G. M.; OLIVEIRA, M. A. T.; SCHEIBE, L. F. ; BUSS M.D. ; HERRMANN, M. L. ; PONTELLI, M. E. . *Les crues et laves torrentielles catastrophiques du 23 Décembre 1995 dans l Etat de Santa Catarina (Brésil subtropical)*. Geomorphologie: Reliefs Processus Environment, Paris, n. 1, p. 51-60, 2002.

REMONDO, J. *Mini-curso sobre riscos ministrado no Programa de Pós-Graduação da Geografia/ UFSC*. 2009.

RODRIGUEZ, J. M. M. (Org.). *Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental*. Fortaleza: Edição UFC, 2007; 222p.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia Ambiental. In: CUNHA, S. B. da; GUERRA, J. T. (orgs) *Geomorfologia do Brasil*. – 4ª Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 392p.

ROSTIROLLA, A. P.; SOARES, P. C.; ALKMIM, F. F. de. Análise estrutural da tectônica deformadora da Bacia de Itajaí, estado de Santa Carina. *Geociências*. PETROBRÁS, Rio de Janeiro, V. 6(3/4):123-147, jul./dez. 1992.

SAITO, Silvia M. *Estudo analítico da suscetibilidade a escorregamentos e quedas de blocos no Maciço Central de Florianópolis-SC*. 2004. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Florianópolis, 2004.

SAITO, Silvia M. *Análise da Vulnerabilidade Socioambiental dos Moradores das Encostas Urbanizadas de Florianópolis*. 2008. Projeto de Qualificação de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Florianópolis, 2008.

SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. *Atlas de Santa Catarina*. Rio de Janeiro. Aerofoto Cruzeiro, 1986, 173 p.

SANTOS, F. R. dos (org). *Vulnerabilidade Ambiental*. Brasília: MMA, 2007. 192p.

SANTOS, A. R dos. TRAGÉDIAS GEOLÓGICAS: O OBJETIVO DEVE ESTAR NA ELIMINAÇÃO DO RISCO. Disponível em: <http://www.ecodebate.com.br/2011/04/28/tragedias-geologicas-o-objetivo-deve-estar-na-eliminacao-do-risco-artigo-de-alvaro-rodrigues-dos-santos/>. Acesso: 01/05/2011.

SEBRAE. *Santa Catarina em Números: Ilhota, SC*: Florianópolis/Sebrae/SC 115p. 2010.

SEVERO, D. L. A meteorologia do desastre (cap. 6). *In.*: FRANK, B.; SEVEGNANI, L. (orgs.). *Desastre no vale do Itajaí. Água, gente e política*. Blumenau: Agência de Água do Vale do Itajaí, 2009. 192p.

SCHEIBE, L. F.; *A Geologia de Santa Catarina – Sinótese Provisória*. *In.*: Geosul Nº1. Ano 1.p. 7-38. Primeiro Semestre de 1986. Departamento de Geociências. Editora da UFSC. Florianópolis 1986.

SCHORODER, G. S. Análise tectônica da Bacia do Itajaí. 2006. 109 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

SOUZA, L. A. P.; SILVA, R. F.; YOMASA, W. S. Métodos de Investigação. *In.*: SANTOS, A. M.; BRITO, S. N. A. (editores). *Geologia de Engenharia*. São Paulo. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.

TOMAZZOLI, E. R. (Coordenador). *MAPEAMENTO GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO PARA DETERMINAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO NO COMPLEXO DO MORRO DO BAÚ*. Projeto de Pesquisa – FAPESC. Florianópolis, 2010.

TOMAZZOLI, E. R.; PELLERIN, J. R. M. *O Mapeamento geológico-geomorfológico como procedimento básico na caracterização de áreas de risco: o caso da área centra da cidade de Florianópolis-SC*. *In.*: SIMPOSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 277-287. (CD-ROM).

TOMAZZOLI, E. R.; FLORES, J. A. A.; BAUZYS, F. *Movimentos de massa ocorridos no evento de novembro de 2008, no entorno do Morro do Baú, Vale do Itajaí (SC): caracterização geológico-geomorfológica*. 5ª Conferência Nacional de Estabilidade de Encostas. (COBRAE). ABGE. São Paulo (SP). Novembro de 2009.

TRICART, J. *Principes et méthodes de l geomorphologie*. Paris:Masson Ed., 1965, 201p.

VALERIANO, M. M. Dados Topográficos. *In.*: FLORENZANO, T. G. (Org.). *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

VELOSO, A. J. G. Importância do estudo das vertentes. Disponível em: [www.uff.br/geographia/ojs/index.php/geographia/article/.../89/87](http://www.uff.br/geographia/ojs/index.php/geographia/article/.../89/87). Acessado em: 01/08/2009.

VEYRET, Y. (Org). *Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente*. Dílson Ferreira da Cruz (trad.). São Paulo: Contexto, 2007. 319p.

VIEIRA, Luciana. *Microbacias do Ribeirão do Baú e Braço do Baú no município de Ilhota/SC: um lugar de identidade rural*. 2003. 93 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.