

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**ANÁLISE INTEGRADA DO MEIO FÍSICO DOS RIBEIRÕES
BRAÇO SERAFIM E MÁXIMO COM ÊNFASE NAS ÁREAS DE
FRAGILIDADE ESTRUTURAL, LUÍS ALVES, (SC)**

LÚCIA PINTO CAMARGO

Florianópolis- 2015

LÚCIA P. CAMARGO

**ANÁLISE INTEGRADA DO MEIO FÍSICO DOS RIBEIRÕES
BRAÇO SERAFIM E MÁXIMO COM ÊNFASE NAS ÁREAS DE
FRAGILIDADE ESTRUTURAL, LUÍS ALVES, (SC)**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geografia. Área de concentração: Utilização e Conservação dos Recursos Naturais
Orientador: Dr. Edison Ramos Tomazzoli

Florianópolis- 2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Camargo, Lúcia Pinto

Análise integrada do meio físico dos Ribeirões Braço
Serafim e máximo com ênfase nas áreas de fragilidade
estrutural, Luís Alves, (SC) / Lúcia Pinto Camargo ;
orientador, Dr. Edison Ramos Tomazzoli - Florianópolis,
SC, 2015.

193 p.

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

Inclui referências

1. Geografia. 2. Fragilidade Estrutural, Meio Físico. 3.
Geotecnologia. 4. Lineamentos. 5. Traço de Juntas. I.
Tomazzoli, Dr. Edison Ramos . II. Universidade Federal de
Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III.
Título.

LÚCIA PINTO CAMARGO

ANÁLISE INTEGRADA DO MEIO FÍSICO DOS RIBEIRÕES
BRAÇO SERAFIM E MÁXIMO COM ÊNFASE NAS ÁREAS DE
FRAGILIDADE ESTRUTURAL, LUÍS ALVES, (SC)

Dr. Márcio Rogério Silveira (Coordenador do Programa de Pós-
Graduação em Geografia)

Banca examinadora

Dr. Edison Ramos Tomazzoli (Orientador)

Dr. Jöel Robert G. Marcel Pellerin (Presidente)

Dr. Harrysson Luiz Da Silva (Geociências/UFSC)

Dra. Janete Abreu (Geociências/UFSC)

Dr. Antônio Edésio Jungles (CEPED/UFSC)

Dra. Rosana Mariah Rodrigues – (Univali-Universidade do Vale de
Itajaí-Consultora CEPED/UFSC)

Dr. Ricardo Wagner ad-Víncula Veado (UDESC)

Florianópolis- 2015

AGRADECIMENTOS

A criação de uma Tese não é ganho somente de um empenho individual, mas sim de um esforço coletivo que se consolida ao longo de toda uma jornada acadêmica. E é para as pessoas que de alguma forma tornaram possível a consumação desta tese, que dedico os meus sinceros agradecimentos.

Agradeço ao Prof. Dr. Edison Tomazzoli por seu incentivo, seus comentários e discussões científicas.

Agradeço o apoio financeiro do Projeto “Análise e Mapeamento das áreas de Risco a Movimentos de Massa e Inundações nos Municípios de Gaspar, Ilhota e Luís Alves (Complexo do Morro do Baú), SC”, para as campanhas de campo.

Agradeço a Prefeitura de Luís Alves pelo pronto atendimento ao disponibilizar dados do município.

Ao Secretário De Estado Da Defesa Civil Geraldo, Cesar Althoff, o Secretário Adjunto Márcio Luiz Alves pelas informações cedidas.

Obrigada ao Diretor Geral professor Antônio Edésio Jungles, e aos funcionários do CEPED/UFSC por disponibilizarem os relatórios dos desastres naturais ocorridos em 2008 referentes ao município de Luís Alves e também por me acolherem em seu espaço.

Quero agradecer ao Sérgio Schmitt pela hospitalidade e disposição em todos os momentos que precisei durante os trabalhos de campo em Luís Alves. Muito obrigada Sérgio.

Agradeço à Gabriela Souza Silva pelo desempenho e responsabilidade demonstrada na edição gráfica! Valeu guria!

Quero agradecer em especial a minha querida colega e amiga Rosana pelo tanto que me ajudou nesta pesquisa. Por todos os momentos de elucidação nas fases mais difíceis.

Um agradecimento muitíssimo especial para minha querida irmã Sônia, por tudo que fizestes e fostes para mim em mais este salto de minha vida.

E por fim, agradeço aqueles que de uma forma ou outra tornaram possível a realização desta tese.

Muito obrigada!

RESUMO

O presente trabalho identificou as áreas de fragilidade estrutural nas microbacias do Braço Serafim e Máximo por meio de análises integrada de variáveis do meio físico, foram usadas técnicas de Sensoriamento Remoto e SIG. O objetivo principal foi descrever uma metodologia que identificasse áreas de fragilidades estruturais por meio da integração de dados do meio físico (geológicos e hidrográficos) a partir do uso de geotecnologias. Para atingir as metas propostas foram estudadas as feições geológicas em especial, os altos estruturais que individualizam áreas com elevada ruptibilidade (fraturamento). A metodologia adotada foi a elaboração sistemática de mapeamentos temáticos, a partir destes foram realizadas análises de estruturas geológicas rúpteis (lineamentos estruturais e traços de juntas) extraídas de imagens orbitais e fotografias aéreas. Quando essas feições foram analisadas, pôde-se determinar fatores como permeabilidade e grau de cisalhamento da região, fatores determinantes na definição de áreas de fragilidades a movimentos de massa. Os mapeamentos de lineamentos estruturais, foram analisados e identificados os pontos de cruzamento de lineamentos de diferentes direções e elaborado o mapa de densidade de lineamentos e o mapa dos tensores compressivos σ_1 . Os traços de juntas identificaram as duas direções de maior frequência das correntes a partir da rede de drenagem de primeira e segunda ordem, de forma a estabelecer as zonas de variação máximos 1 e 2 e identificar as zonas de variação bruscas de direções dessas correntes. Nestas áreas onde ocorrem mudanças bruscas de direções de máximos ocorre intensa percolação de fluidos, responsável pela alteração da rocha e do solo, permitindo assim, a instalação de processos erosivos e de movimentos de massa levando a instabilidade e a fragilidade da área. Parâmetros de litotipos, declividade, uso do solo, direção de encostas associados as variáveis morfotectônicas levou a análise integrada com meio físico com a identificação pontual das áreas frágeis da área de estudo.

Palavras Chaves: Fragilidade Estrutural, Meio Físico, Geotecnologia, Lineamentos, Traço de Juntas.

ABSTRACT

This study identified the areas of structural weakness in the “Braço Serafim” and “Máximo” watersheds through integrated analysis of the physical environment, were used remote sensing and GIS. The main objective was to describe a methodology to identify areas of structural weakness through the physical environment data integration (geological and hydrographic) from the use of geotechnology. To achieve the goals proposed, geological features in particular, were studied the structural highs that individualize areas with high fragility (cracking). The methodology used was the systematic production of thematic maps, from these, analyzes were made of fragile geological structures (structural lineaments and features joints) extracted from satellite images and aerial photographs. When these features were analyzed, it was possible to determine factors such as permeability and shear rate in the region, determining factors in defining areas of weaknesses to mass movements. The mappings of structural lineaments were analyzed and identified the lineaments of the crossing points of different directions and prepared the lineament density map and the map of compressive tensor σ_1 . The joint traces identified the two directions with the highest frequency of the currents from the first and second order, to establish the maximum variation in zones 1 and 2 and to identify areas of abrupt change of direction in these currents, in those areas where there are sudden changes in Maximos direction occurs intense percolation of fluids, responsible for the rock and soil alteration, allowing the installation of erosion and mass movements, leading to instability and the fragility of the area. Litho types parameter, slope, land use, hillside direction associated morph tectonic variables led to integrated analyzes with the physical environment with the timely identification of fragile areas of the study area.

Key words: structural fragility, physical environment, geotechnology, lineaments, joint traces.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da Área de Estudo.....	25
Figura 2 - Distribuição anual da pluviosidade.....	27
Figura 3 - Afloramento matacões. Luís Alves, 2013.....	30
Figura.4 - Rocha máfica e amostra de Gnaiss máfico, Luís Alves, 2013	31
Figura 5 - Amostra de gnaiss félsico, Luís Alves,(SC), 2013.	31
Figura.6 - Amostra de milonito, Luís Alves (SC),2013.	32
Figura 7 - Veio de quartzo e feldspato em rocha enderbitica. Luís Alves (SC)	33
Figura 8 - Vista aérea da plantação de banana, área de APP. Luís Alves	39
Figura 9 - Representação de fratura com movimento paralelo ao plano de ruptura	41
Figura 10 - (a, b e c). – Subdivisão das juntas em função do movimento ao longo plano de ruptura.....	42
Figura 11 – Orientação do elipsoide de tensão σ_1	44
Figura 12 - Modelo de altos e baixos estruturais.....	46
Figura 13 – representação de altos e baixos estruturais em subsuperfície	46
Figura 14 - Hierarquização dos canais de drenagem de 1ª. E 2ª. ordem da microbacia da área de estudos. 2013	47
Figura 15 - Esquema de ordenamento de canais.	48
Figura.16 - Seção típica do escorregamento translacional raso (planar).	60
Figura 17 - Movimento de massa misto. Alto Ribeirão Máximo (2008)	65
Figura.18 - Tipos de mecanismos de ruptura	66
Figura.19 - Tipos de vertentes: (a) retilínea, (b) convexa, (c) côncava	71
Figura.20 - Tipos de escorregamento em colúvio.	74
Figura 21 - Diagrama de fluxo da pesquisa.....	75
Figura 22 - Arquitetura do SIG	78
Figura 23 - Pontos dos movimentos de massa percorridos na área de estudos, ocorrência de 71 deslizamentos.....	80

Figura.24 - Extenso deslizamento solo-rocha, relevo montanhoso e alta declividade, usos do solo como reflorestamento e pastagem. Braço Serafim, Luís Alves.	81
Figura 25 - Imagem Sintética do MDT– gerada a partir da altimetria ..	82
Figura.26 - Traços de juntas.....	85
Figura.27 – Maximo 1 e Maximo 2	86
Figura 28 – Curva de validação do modelo com as cicatrizes mapeadas.	90
Figura 29 - Extenso deslizamento rotacional, material rocha-solo. Uso do solo pastagem e reflorestamento em relevo montanhoso. Já se observa capoeirinha em estágio inicial de sucessão vegetal.....	92
Figura 30 - Relevo da área de Estudo (2012).....	93
Figura 31 - APPs Topos de morro (Plano Diretor Prefeitura Municipal de Luís Alves, SC.)	95
Figura. 32 - Cabeceira de drenagem com plantação de banana (área de APP em alta fragilidade) e reflorestamento de Pinus Eliotes. Ribeirão Máximo	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Precipitações (mm) 21 a 25 de novembro de 2008 em Luís Alves	27
Tabela.2- Principais tipologias de movimentos de massa.	61
Tabela 3 - Índice de Fragilidade Estrutural versus percentagem de deslizamentos	89
Tabela 4 - percentuais de uso do solo nas Microbacias do Braço Serafim e Máximo	94
Tabela 5 - Feição Associada a Fragilidades Estruturais	97

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	19
1.1 CONTEXTO	19
1.2 HIPÓTESE E OBJETIVOS	21
1.2.1 HIPÓTESE	21
1.3. OBJETIVO GERAL	21
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	21
1.5 JUSTIFICATIVA E CONTRIBUIÇÃO CIENTÍFICA	22
CAPÍTULO II - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA	25
2.1. CLIMA.....	26
2.2. GEOLOGIA	29
2.2.GEOMORFOLOGIA	34
2.3. VEGETAÇÃO	35
2.4. SOLOS	36
2.5. ÁREAS DE PROTEÇÃO PERMANENTE (APP).....	37
2.5.1. O Código Florestal e a prevenção da ocupação de áreas de risco	38
CAPÍTULO III - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	41
3.1. ESTRUTURAS GEOLÓGICAS DEFORMACIONAIS RÚPTEIS	41
3.2. INTERPRETAÇÃO ESTRUTURAL DE DRENAGEM	45
3.3. TECNOLOGIA ESPACIAL	48
3.4. DESASTRES NATURAIS	51
3.5. PERIGO	53
3.6. SUSCETIBILIDADE.....	54
3.7. FRAGILIDADES ESTRUTURAIS.....	54
3.8. RISCOS.....	55
3.9. MOVIMENTOS DE MASSA.....	57
3.10. CONDICIONANTES DOS MOVIMENTOS DE MASSA.....	68
3.10.1. Condicionantes Hidrológicos.....	69
3.10.2. Condicionantes Geomorfológicos.....	70

3.10.3. Fatores Antrópicos.....	72
3.10.4. Condicionantes Geológicos.....	72
3.11. COLÚVIOS	73
CAPÍTULO IV - MATERIAIS E MÉTODOS.....	75
CAPÍTULO V - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	91
CAPÍTULO VI - CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES.....	99
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
APÊNDICE A: ATIVIDADES DE CAMPO.....	119
APÊNDICE B: MAPEAMENTOS MORFOESTRUTURAIS	193

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO

Fenômenos naturais fazem parte da geodinâmica tanto nos processos internos como externos. A força dos fenômenos internos (endógenos), são as responsáveis pela origem dos movimentos orogênicos, o vulcanismo e dos terremotos, MARCELINO et. al. (2006). De acordo com Suguio, L.K. (2008), a eficiência de energia envolvida nesses fenômenos ultrapassa o limite atualmente, reproduzível pelo ser humano, portanto, ele é incapaz de interferir, e é difícil até de prever qualquer evento desta natureza. Em geral, considera-se o desastre natural todo aquele que tem como gênese um fenômeno natural de grande intensidade, agravado ou não pela atividade humana. Os desastres naturais no país são resultado de uma combinação de ocorrência de eventos extremos com a vulnerabilidade tanto geofísica como socioeconômica dos seus habitantes, destacando-se a necessidade de conhecer espacialmente quais são as áreas suscetíveis das adversidades ambientais e que, portanto, potencializam as situações de risco. Os Estados de Santa Catarina, São Paulo, Rio de Janeiro, Alagoas, entre outros, têm sido intensamente afetados nos últimos anos por eventos climáticos extremos provocando inundações, enxurradas e movimentos de massa tendo consequências catastróficas com elevado número de perdas de vidas humanas e perdas econômicas. A massiva destruição causada pelas chuvas extraordinárias em novembro de 2008 foi o evento mais intenso desse gênero ocorrido no Estado tendo afetado cerca de 1,5 milhões de pessoas, e chamou a atenção mundial sobre os impactos socioeconômicos. Segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM) os estragos provocados pela chuva de novembro de 2008 em Santa Catarina foram os piores em um século na região. A entidade ligada à Organização das Nações Unidas (ONU) destacou o evento climático no País como um dos mais sérios do ano no mundo. No entanto, os desastres não são eventos incomuns e, normalmente, ocorrem todos os anos em todo o mundo. Alguns dos desastres mais notáveis que devastaram o Estado de Santa Catarina nos últimos anos incluem as inundações que afetaram as regiões Oeste, Norte e Vale do Itajaí em 1983, inundações graduais e bruscas nas regiões Sul, Grande Florianópolis e Vale do Itajaí em 1995, vendavais e granizos no Oeste e Vale do Itajaí em 2003, e o furacão Catarina em 2004, HERRMANN, (2007, 2014). As chuvas torrenciais que caíram em tempo recorde sobre o Vale do Itajaí, em 2008 avolumaram os registros históricos. O

município de Luís Alves que faz parte do Vale do Itajaí foi um dos mais atingidos pelas inundações e deslizamentos, com índices pluviométricos registrados de 693 mm acumulados no período de 21/11 a 25/11, sendo que a média climatológica para esta região é de 150 mm mensais. O nível do Rio Luís Alves alcançou 8 metros acima do normal, (CIRAM/EPAGRI, 2008; AVADAN, 2008, Silva D.,2009). Os desastres que ocorrem no Estado referem-se às adversidades atmosféricas, caracterizadas pelos elevados totais pluviométricos, pelos prolongados meses de estiagem, e pelas tempestades severas que frequentemente geram vendavais, granizos, tornados e marés de tempestades. Além disso, pode-se citar o fenômeno atípico ocorrido no Estado em 2004 que foi o Furacão Catarina, Herrmann et al., (2007).

Em Santa Catarina os sistemas atmosféricos instáveis, geralmente, estão inseridos nas massas de ar quente e úmido, nas quais ocorre a ascensão do ar aquecido. Ou ainda, essa se desenvolve pelo contraste térmico entre duas massas de ar com densidades diferentes. Esses sistemas 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 (HERRMANN, 2005; MONTEIRO et al.,2005).

O fato marcante ocorrido no desastre em novembro de 2008 foi a ocorrência de movimentos de massa em proporções superlativas no município de Luís Alves, principalmente nos Ribeirão Braço Serafim e Ribeirão Máximo que é a área de estudos desta tese.

As características geológicas, principalmente a mecânica dos deslizamentos é caracterizada pela ruptura das condições de equilíbrio de uma massa de solo, sedimentos ou rochas, em um talude natural ou de origem antrópica (talude de corte ou aterro).

Os fatores responsáveis pela ruptura desse equilíbrio podem ser de origem geológica (fraturamentos, presença de minerais argilosos expansivos preenchendo as fraturas das rochas, etc.), os fatores geomorfológicos e a chuva excessiva, também, são fatores que predisõem a ocorrência de movimentos de massa (deslizamentos) no município de Luís Alves. Conjugada a esses fatores, está a ocupação e o uso inadequados das encostas que montou o cenário ideal para o desencadeamento de deslizamentos em áreas mais declivosas. Em face de todas as consequências derivadas dos deslizamentos de terra (não diferentemente quanto às enchentes) em Santa Catarina em 2008, esta temática tem assumido maior importância e sensibilidade, por um lado,

pela comunidade científica, ao desenvolver e a aprofundar a sua investigação neste domínio, e por outro, através de entidades responsáveis pela gestão de riscos e desastres tais como o CEPED-UFSC, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, na execução do Programa Gestão de Risco e Resposta a Desastres.

A escolha desta área se deve ao fato de o município Luís Alves fazer parte de um amplo projeto de pesquisa denominado “Análise e Mapeamento das Áreas de Risco a Movimento gravitacional de massa e Inundações nos Municípios de Gaspar, Ilhota e Luís Alves (Complexo do Morro do Baú), SC”¹.

1.2 HIPÓTESE E OBJETIVOS

1.2.1 Hipótese

Esta tese foi estruturada frente as ocorrências dos eventos, em especial os deslizamentos de terra ocorridos na área de estudo em 2008. As ações dos fatores naturais do meio físico foram preponderantes. Neste trabalho buscou-se estabelecer uma metodologia para identificar as fragilidades de áreas estruturais, a qual devem atender as demandas para um plano de gestão voltada à preservação das microbacias Ribeirão Braço Serafim e Ribeirão Máximo. Esta pesquisa tem como premissa que a ocorrência de processos de movimentos de massa ocorridos em 2008 está relacionada à complexa interação dos fatores do meio físico, tais como solo, clima, litotipos, considerou-se principalmente a estrutura hidrográfica e o substrato geológico.

1.3. OBJETIVO GERAL

Dentro dessa perspectiva, a presente pesquisa tem como objetivo geral:

- Descrever uma metodologia que identifique áreas de fragilidades estruturais por meio da integração de dados do meio físico (geológicos e hidrográficos) a partir do uso de geotecnologias.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 1) Organizar banco de dados geoespacial integrando dados

¹ Projeto da FAPESC, convênio nº 6319/2010-8

- cartográficos, imagens orbitais, produtos sub orbitais, dados vetoriais, tridimensionais e alfanuméricos;
- 2) Extrair os atributos espaciais das imagens de satélites, das cartas topográficas e fotografias aéreas, como os lineamentos, as lineações e padrões de drenagem;
 - 3) Realizar trabalho de campo para inventariar os movimentos de massa;
 - 4) Analisar os lineamentos estruturais identificando as áreas de tensores compressivos σ_1 e σ_2 (σ_1 e σ_2).
 - 5) Interpretar as principais deformações tectônicas da área de estudo e suas respectivas estruturas, tais como, lineamentos estruturais, sistemas de juntas, zonas de variação de traços de juntas (máximo 1 e máximo 2), densidade de lineamentos e de traços de juntas.
 - 6) Elaborar mapas temáticos e analíticos do meio físico e integrá-los para definir zonas de baixa, médio e alta fragilidade estrutural da área de estudos.

1.5 JUSTIFICATIVA E CONTRIBUIÇÃO CIENTÍFICA

Segundo as Nações Unidas para Assuntos do Espaço Sideral (Unoosa) e o programa ONU-Spider, o Brasil está entre os países mais afetados por catástrofes naturais em 2011. O Brasil ficou na 6.^a posição no ranking das nações mais atingidas no ano passado, que é liderado pela Tailândia, seguida por Camboja e Paquistão. Em razão das inundações e deslizamentos de terra, no ano de 2011, mataram mil pessoas e causaram prejuízos de US\$ 5 bilhões. As grandes enchentes no Brasil mataram quase 120 pessoas por ano e causaram perdas econômicas anuais de cerca de US \$250 milhões durante os últimos anos, (IPCC, 2010). Em 2008, as inundações e deslizamentos de terra no Vale do Rio Itajaí, causou 118 óbitos e provocou perdas econômicas aproximadamente de US\$ 800 milhões. O porto de Itajaí sofreu perdas de interrupção de negócios de 35 milhões de dólares por dia. Além disso, o gasoduto danificado interrompeu o fornecimento de gás boliviano para as áreas inundadas, e para o Estado do Rio Grande do Sul.

Esse contexto remete ao município de Luís Alves, onde o cultivo da banana, seu principal produto, ocupa hoje 65% do município e representa 78,1% da renda da economia local.

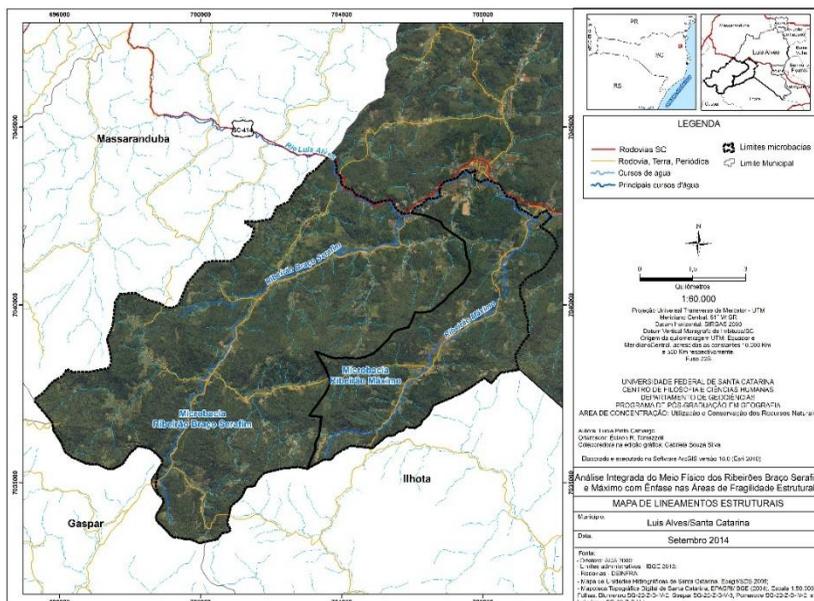
O aumento da frequência e prejuízos econômicos devido a desastres naturais dentro do quadro de queda de preços agrícolas está se tornando endêmico no município de Luis Alves. Em 2008 o município teve perda de 90% da produção de laranja, 51% da banicultura, 90% do arroz irrigado, 100% da olericultura, 50% da palmeira real, 30% da cana de açúcar, 70% da piscicultura, avicultura 90%, 50% da bovicultura de corte, e 30% da bovicultura de leite, ABLA (2009).

Frente a estes episódios, o presente estudo identificou áreas de fragilidade estrutural a partir de procedimento metodológico integrativo de dados do meio físico e traz uma proposta eficaz e de baixo custo, que pode ser reproduzida em áreas similares.

CAPÍTULO II - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA

A área de estudo situa-se na mesorregião nordeste do Estado de Santa Catarina, nos paralelos 26°50'0" e 26°40'0" S e os meridianos 48°40'0" e 49°0'0" W, compreendendo duas microbacias hidrográficas que compõem o alto curso do Rio Luís Alves. São elas, a do Ribeirão Máximo com 10 km de extensão, e a do Ribeirão Braço Serafim com 15 km de extensão, totalizando 81.40 km² de área de estudos (Figura 1).

Figura 1 - Localização da Área de Estudo



O município de Luís Alves que pertence à microrregião de Blumenau tem como principal ligação rodoviária estadual, no sentido norte-sul, a SC-413, que se inicia em Navegantes na conexão com a BR-470 com 29 km de asfalto até a sede do município. Há também outras estradas municipais que ligam aos municípios vizinhos como a estrada Braço Elza, estrada rio Canoas, estrada da Serrinha e da Arataca; para Massaranduba a estrada do Alto Braço Miguel e as estradas para o Máximo e o Baú Seco.

Luís Alves integra a Microrregião da Foz do Rio Itajaí-Açu composta por 11 municípios, tendo como polo econômico a cidade de Itajaí. Apresenta em sua maioria uma topografia variando de ondulada a

forte ondulada, com uma declividade média de 26%, altitude média de 63 metros acima do nível do mar, porém apresenta alguns morros com altitudes superiores a 600 metros, como por exemplo, o Morro do Cachorro.

Segundo o Censo 2010 realizado pelo IBGE, a população da cidade é composta de 10.438 habitantes, com uma densidade demográfica de 4,2 hab/km², o equivalente a 0,2% da população do Estado. A cidade de Luís Alves é a 128ª no ranking populacional catarinense.

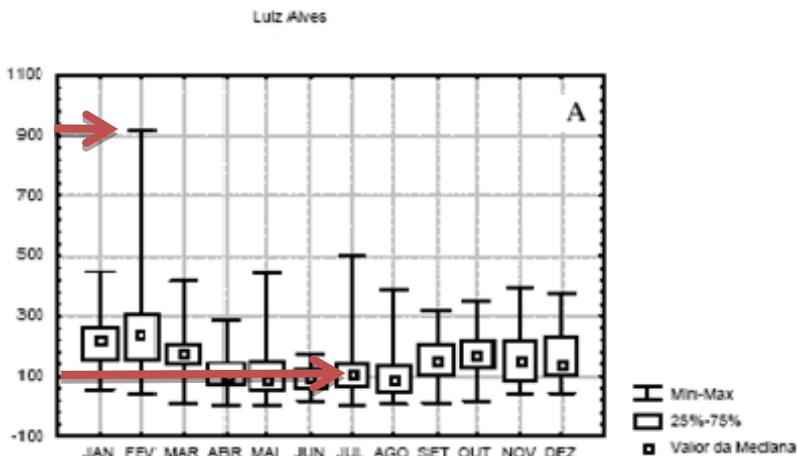
2.1. CLIMA

Segundo a classificação de Köppen (1948), o clima catarinense é caracterizado como Subtropical (ou Mesotérmico), dividido em duas categorias: Cfa – mesotérmico úmido com verão quente, de leste, pela zona litorânea e a oeste; e Cfb – mesotérmico úmido com verão brando, distribuindo-se por toda a região central, de norte a sul do Estado.

Quanto ao regime térmico, o município de Luís Alves apresenta temperatura média de 27,2 °C no verão, mínima de 15,8 °C no inverno, com ausência de estação seca, e chuvas durante o ano todo com um total anual de 1.415,5 mm (Prefeitura Municipal de Luís Alves, 2011; Plano Plurianual de Assistência Social de Luís Alves, 2001).

A distribuição da pluviosidade sazonal anual do município de Luís Alves, tem como a máxima de chuvas 900 mm, no mês de fevereiro e a mínima <100 mm no mês de julho, (ANDRADE et.al., 2007), (Figura 2) e (Tabela1).

Figura 2 - Distribuição anual da pluviosidade.



Fonte: Adaptado de ANDRADE et.all. (2007)

Tabela 1 - Precipitações (mm) 21 a 25 de novembro de 2008 em Luís Alves²

Luís Alves	Precipitações (mm)					total
	21/11/08 6ª.-feira	22/11/08 Sábado	23/11/08 Domingo	24/11/08 2ª.-feira	25/11/08 3ª.-feira	
	131	158,6	136,2	250	17,2	695

(Ciram - Epagri 27/11/2008)

Fonte: EPAGRI/CIRAM. Adaptado de ANDRADE et.all. (2007)

De acordo com Severo,D.L.,(2009, p.72), o comportamento meteorológico na região do Vale de Itajaí possui estação chuvosa no verão, uma estação secundária de chuvas nos meses de setembro e outubro, e um período seco entre abril e agosto. Analisando o período anômalo da estação pluviométrica de Blumenau, o autor (op.cit.)

² Em junho de 2012 a instalação da estação meteorológica foi executada pela Epagri/Ciram com verba do projeto Reconstrução dos Sistemas Produtivos da Região abrangida pelas Chuvas em Santa Catarina, do Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA). Estes dados são usados pela Epagri/Ciram para melhorar a previsão do tempo, apoiando a Defesa Civil e as ações de manejo nas lavouras do município. O projeto Reconstrução investe na reestruturação do sistema de monitoramento ambiental nos municípios catarinenses que foram atingidos pelas cheias de novembro de 2008.

observou que o mês de novembro na série de 1998 à 2007, é o 5º mês mais seco do período.

No entanto, no ano de 2008 houve um regime atmosférico anômalo, entre os dias 21 a 25 de novembro choveu 695 mm, quando a média mensal histórica para o mês de novembro é 150mm, segundo o INPE.

Nas análises de Severo, D.L. (2009), “em 2008 a partir de outubro as precipitações aumentaram. Em outubro o total mensal de precipitação foi o dobro do valor climatológico e em novembro a chuva mensal superou em mais de sete vezes o valor médio”. Isto é, no mês de novembro choveu mais da metade do ano todo na Região do Vale de Itajaí, que é de 1653,3mm.

A intensa chuva foi ocasionada pelo estabelecimento de um bloqueio atmosférico no Oceano Atlântico associado de um intenso anticiclone sobre o oceano e um sistema de baixa pressão (vórtice ciclônico de altitude) entre 4.000 e 5.000 m, localizando-se sobre o leste de Santa Catarina e Paraná. Este fenômeno favoreceu a ascensão do ar úmido ao longo da Serra do Mar, consequentemente fazendo com que este feito resultasse em grande volume de chuvas.

No município de Luís Alves nos dias 22 e 23 de novembro de 2008, choveu cerca de 550 mm, o nível do Rio Luís Alves subiu 8 metros acima do nível normal causando inundações e ocasionando prejuízos socioeconômicos, ambientais e perdas humanas. Neste período o município ficou 5 dias isolado, sem água, luz e qualquer meio de comunicação, onde a Prefeitura Municipal decretou estado de calamidade pública.

As chuvas representam um dos aspectos mais importantes a serem considerados, na tentativa de análise das condições que conduzem ao aparecimento de movimentos de massa devido ao aumento da pressão interna do solo na superfície de ruptura.

Com este período longo de precipitações, além das enchentes, houveram centenas de movimentos de massa em cortes de taludes e em encostas naturais, praticamente concentrados nos ribeirões Máximo e Braço Serafim, áreas estas de estudo desta pesquisa.

De acordo com a Defesa Civil do Estado de Santa Catarina, o município apresentou prejuízos aviltantes nos setores sociais, econômico e de serviços. Houve, por exemplo, danos materiais de destruição de escolas (2), com prejuízos de R\$ 400.000,00.

Tanto com as inundações como pelos deslizamentos vitimaram 10 pessoas, deixando ainda 50 pessoas feridas e 11 enfermos, 239 desabrigados e 3236 desalojados.

2.2. GEOLOGIA

A geologia da área de estudo corresponde ao Complexo Luís Alves, também conhecido como Complexo Granulítico de Santa Catarina, e Área de Sedimentos Quatemários/Depósitos Aluvionares. O Complexo Luís Alves ocorre em quase 95% do território do município, principalmente nas áreas de morros, trata-se de uma assembléia petrotectônica de rochas metamórficas principalmente da fácies granulito, composição básico-intermediária, gerada no Arqueano e Proterozóico Inferior (HARTMANN, 1981).

Complexo Luís Alves, é composto por rochas metamórficas de fácies granulito, retrometamorfisadas ou não para as fácies anfibolito e xisto verde. Possuem idade arqueana, com eventos retrometamórficos relacionados ao paleo e neoproterozóico. Os litotipos mais comuns são gnaisses quartzo-feldspáticos com hiperstênio.

Ocorrem também núcleos de rochas máficas-ultramáficas, representadas por gabros, piroxenitos e anfibólio xistos e subordinadamente, gnaisses calcissilicáticos, kinzigitos anostositos, quartzitos, além de formações ferríferas (Hartmann et al., 1979). As rochas mostram-se capeadas por um manto de intemperismo bastante espesso, atingindo profundidades muitas vezes superiores a 30 metros.

Segundo Hartmann (1981, apud Basei 1985), todas as rochas do complexo granulítico teriam idade mínima de 2,8 Ga.

Hartmann et al. (1979) propuseram a designação de Complexo Granulítico de Santa Catarina para a unidade geotectônica constituída por rochas metamórficas de alto grau, dos facies anfibolito e em especial granulito, com idades radiométricas arqueanas, transamazônicas e brasileiras, que constitui o segmento setentrional do escudo catarinense.

A região do Complexo Luís Alves apresenta-se intensamente dobrada, fraturada e falhada com muitas feições da paisagem, como vales, cristas e drenagens, seguindo orientação estrutural. Os lineamentos possuem como direção preferencial N-S, ou mais especificamente, NE-SW, NW-SE, e alguns lineamentos secundários com direção E-W.

De acordo com Hartmann et al. (1979), estas estruturas estão relacionadas à foliação desenvolvida por cisalhamento dúctil, com direção e mergulhos variáveis. As direções vão desde N30°E até N40°W, predominando direções NNE; e mergulhos NW. Esta deformação está relacionada a um soerguimento crustal à mesma época

em que houve a passagem de condições metamórficas de fácies granulito para anfíbolito, dessa forma, a lineação melhor expressa no complexo é contemporânea ao retrometamorfismo generalizado para a fácies anfíbolito.

Os afloramentos na área de estudo são identificados em cortes de estradas, e como matacões nas encostas de morros (Fig.4) e planícies fluviais. Em vários locais, as rochas enderbíticas apresentam injeções na forma de veios de quartzo e feldspato alcalino e que foram deformadas juntamente com as rochas encaixantes, o que foi constatado nas saídas de campo.

Figura 3 - Afloramento matacões. Luís Alves, 2013



Fonte: Foto Elisa Volker S.

O gnaíse máfico é a litologia predominante, (fig.3). Ocorrem intercalados com os gnaíses félsicos e são intrudidos por núcleos ultramáficos, dique, veios de quartzo e veios de granito. Poucos foram os afloramentos onde era possível ver a rocha 'in situ'. A maioria estava presente em materiais coluvionares ou então em solo alterito. O solo gerado a partir dos gnaíses máficos apresenta uma coloração

avermelhada e geralmente possuem uma grande espessura de solo, variando entre 2 a 10 metros aproximadamente. A orientação do bandamento, foliação gnáissica variam entre $125^{\circ}/60^{\circ}$ e $200^{\circ}/80^{\circ}$.

A maioria dos deslizamentos que ocorreram em 2008, ou anteriormente, marcados por colúvios antigos, ocorreram sobre gnaisses máficos ou sobre a alteração destes.

Figura.4 - Rocha máfica e amostra de Gnaisse máfico, Luís Alves, 2013



Fonte: Foto Pâmela Richetti

Os gnaisses félsicos representam lentes alongadas ao norte e sul da faixa, e ocorrem intercalados aos gnaisses máficos, (Fig.5).

Figura 5 - Amostra de gnaisse félsico, Luís Alves,(SC), 2013.



Fonte: Foto Pâmela Richetti

Os solos representados por estas rochas são de coloração mais clara e de maior componente arenosa.

Estas rochas são principalmente compostas por quartzo e feldspatos, este em maior quantidade, e apresentam alguns filossilicatos em menor abundância. A estrutura varia de maciça a foliada e texturalmente se apresenta granoblástica pelas características equidimensionais dos cristais de quartzo e feldspato.

Os milonitos estão localizados no limite oeste da área na porção mais a sul. Estão fortemente fraturados em afloramento e se encontram encaixados no vale principal, (Fig.6).

Possuem coloração rosada e são compostos por feldspato, em maior quantidade, quartzo e anfibólios, estes pontuais e muito alterados. A rocha apresenta um bandamento milonítico marcado pelo forte estiramento e recristalização do quartzo, formando ribbons, e feldspato, que se encontra mais granuloblástico. Os grãos apresentam extinção ondulante maclas deformadas, subordinadamente atribui-se uma textura porfiroclástica aos cristais de feldspato tabulares, provavelmente de origem ígnea.

Figura.6 - Amostra de milonito, Luís Alves (SC),2013.



Fonte: Foto Pâmela Richetti

Os núcleos ultramáficos foram representadas somente por 1 afloramento ao longo da faixa. Tal afloramento era constituído por rocha gabrítica, de cor preto escuro e estrutura maciça, e era cortado por falha com orientação $35^{\circ}/75^{\circ}$. A alteração do gabro gerou um solo avermelhado de aproximadamente 2,5 metros.

A ocorrência dos veios de quartzo se deu em poucos locais, sendo a rocha encaixante os gnaisses máficos, apresentam orientação preferencial E-W, (Fig.7).

Figura 7 - Veio de quartzo e feldspato em rocha enderbítica. Luís Alves (SC)



Fonte: Foto Elisa Volker S.,2012

Os depósitos colúvio-aluvionares da área de estudos são relativos ao Quaternário (Pleistoceno e Holoceno). Os depósitos coluviais se caracterizam pela deposição de sedimentos na base das encostas e meia encostas, formando superfícies convexas, compostas por materiais terrígenos, sem seleção granulométrica, constituídos por diferentes tamanhos de grão, desde sedimentos finos aos matacões. Os depósitos aluvionares ocorrem recobrando o fundo dos vales e mostram a interferência direta dos processos fluviais, ordenando sua disposição. Os depósitos de seixos e matacões, marcam o canal do rio atual. Os depósitos de planície de inundação evidenciam o regime de cheias, formados por sucessivas camadas que evoluem desde areia na base ao topo argiloso.

2.2.GEOMORFOLOGIA

A área onde se situam os Ribeirões Braço Serafim e Máximo localiza-se na unidade geomorfológica Serras do Leste Catarinense do Tabuleiro/Itajaí que compõe o Domínio Morfoestrutural Embasamento em Estilos Complexos, também denominado de Complexo Luís Alves. Os compartimentos de relevo predominantes na área de estudo e restante do município podem ser classificados em Embasamentos em Estilos Complexos formando a unidade

Geomorfológica Serra do Leste Catarinense, modelado de dissecação em morrarias e montanhas, e os depósitos sedimentares formando a Unidade Geomorfológica Planície Colúvio Aluvionar, com modelado de acumulação fluvial. As Serras do Leste Catarinense constituem um prolongamento da Serra do Mar. As feições morfológicas ocorrem na forma de estruturas de serra formada por morros e montanhas com topos convexos e/ou em cristas alongadas com direção geral NE. As encostas geralmente são íngremes, com leitos de drenagem na forma de "V", geralmente encaixados nas estruturas geológicas. As encostas são íngremes e os vales profundos, separados por cristas bem marcadas na paisagem, favorecendo a ação de processos erosivos e movimentos de massa. Em muitas vertentes há anfiteatros de erosão ocasionados por deslizamentos, (SANTA CATARINA, 1986).

Este conjunto de relevo constitui um prolongamento da Serra do Mar. As feições Morfológicas ocorrem na forma de estruturas de serra formada por morrais com topo convexo, cristas alongadas lineares na direção geral NE, vertentes íngremes voltadas para SE e NW. Os leitos de drenagem sulcando vales em "V", geralmente encaixados nas estruturas geológicas, compreende esta unidade de rochas cristalinas tanto magmáticas quanto metamórficas, (Plano Diretor Prefeitura Municipal de Luís Alves, 2007).

A unidade geomorfológica planície colúvio-aluvionar corresponde à superfície plana, convexizada ou suavemente rampeada, descontínua, resultante da convergência de leques coluviais de espriamento, cones de dejeção ou concentração de depósitos de enxurradas nas partes terminais de rampas de pedimentos (Santa Catarina, 1986), e que interagem com os depósitos fluviais das planícies de inundação. Junto à planície do Rio Luís Alves ocorre de forma marcante, em área de ocupação urbana, as Coberturas Recentes (Quaternário - Holoceno) representadas no município pelos Depósitos Aluvionares. É depósito sedimentar não consolidado, formados por ambiente fluvial da bacia do Rio Itajaí-Açu (rio Luís Alves-afluente da

margem esquerda). Esse depósito destaca-se facilmente nas imagens de satélite e aéreas por sua morfologia plana, vegetação característica e seu contato com os morros.

Portanto, a área de estudo apresenta um modelado de dissecação, unidade geomorfológica Serras do Tabuleiro/Itajajá, e um modelado de acumulação, unidade geomorfológica planície colúvio-aluvionar, com predomínio dos processos de acumulação, e nas nascentes dos ribeirões, onde se atribui aos processos de dissecação.

2.3. VEGETAÇÃO

A cobertura vegetal é constituída predominantemente por espécies pertencentes à Floresta Ombrófila Densa e suas várias formações e secundariamente pela Floresta Ombrófila Mista.

Essas formações florestais ocupam praticamente todo o município de Luís Alves. Estão situadas entre aproximadamente as altitudes de 20 e 600 m (N.M.). Apresentam a maior diversidade vegetal das formações da Floresta Atlântica e são muito significativas no município (morraria e demais áreas), resultante da melhor característica de seus solos (Argissolos, Latossolos e Cambissolos).

Os remanescentes vegetacionais do município de Luís Alves serão classificados de acordo com o Sistema de Classificação da vegetação Brasileira proposto pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE,1992); as ocorrências de estágios sucessionais da Floresta Ombrófila Densa (Floresta Atlântica).

Apesar das características fitofisionômicas e florísticas apresentarem semelhanças com a Ombrófila de Terras Baixas, esta formação se mostra mais exuberante na região devido ao maior grau de conservação, resultante de condicionantes legais e inacessibilidade às áreas mais elevadas e de encostas, (Plano Diretor Prefeitura Municipal de Luís Alves, 2007).

Nos topos de morros, mesmo sendo áreas de APPs o uso é intenso tanto no cultivo da banana como em reflorestamentos. Apresenta uma cobertura tipicamente florestal, com uma estratificação bem diferenciada, principalmente nas regiões mais altas e nas encostas mais preservadas, chegando a atingir até 35 metros de altura (dossel).

A composição florística destas unidades é representada por Canela Preta, Jequitibá, Cedro e Guaricica.

Segundo AMFRI (2007), acompanhando estas espécies, nas regiões mais baixas da bacia do rio Luís Alves, pode ocorrer uma variação das mesmas, ou seja, podem apresentar características de

Floresta Submontana Aluvial (ciliar ou próxima ao corpo hídrico), com elementos florísticos mais hidrófilos. Nas regiões em que o rio perde sua energia e forma áreas de planícies mais extensas (parte mais ao sul do município), podem aparecer algumas formações de várzeas, com seus componentes genuinamente herbáceos e arbustivos, muito adaptados às áreas úmidas (banhados, planície região de Luís Alves cobrem a mata aluvial). Seus remanescentes são encontrados na maioria dos morros e suas encostas.

Com poucas exceções foi explorada seletivamente, o que resultou na existência predominante de florestas secundárias, determinada pela presença significativa de guapuruvús e embaúbas e raras áreas com florestas primárias alteradas. Em muitos locais, sua retirada foi total para implantação de agricultura e reflorestamentos, para e a extração madeireira em topo de morros e encostas sem vegetação.

2.4. SOLOS

Os solos Podzólico Vermelho-Amarelo Latossólico álico integrantes dessa associação contém textura médio-argilosa, fase floresta tropical perenifólia, relevo ondulado e forte ondulado. Esta classe é constituída por solos minerais, não hidromórficos com horizonte B textural; são intermediários para Latossolo Vermelho-Amarelo.

Diferencia-se dos Podzólicos Vermelho-Amarelos típicos por serem mais profundos, com menor diferenciação dos horizontes e usualmente menor gradiente textural. A erosidade quando presente é pouca e fraca e o grau de desenvolvimento é fraco ou moderado. Apresentam sequência de horizontes A, B e C.

Os solos desta classe ocorrem em áreas onde a altitude é relativamente baixa, variando entre 15 e 100 metros, em relevo dominante é ondulado seguido de forte ondulado e na da Floresta Ombrófila Densa.

Ocorrem na unidade geomorfológica Serras do Leste Catarinense e a litologia refere-se às rochas metamórficas do Complexo Luís Alves do Pré-Cambriano Inferior, (IBGE,1996, 1996; EMBRAPA, 1980).

Os solos Cambissolo álico Tb, são de textura muito argilosa, encontrados em relevos fortes a ondulosos. Compreende solos minerais não hidromórficos, caracterizados pela ocorrência de um horizonte B incipiente, definido pelo baixo gradiente textural, pela média a alta relação silte/argila ou pela presença de minerais primários de fácil decomposição. Normalmente apresenta horizontes A, (B) e C. Na região de Luís Alves geralmente apresentam baixa fertilidade, textura

frequentemente argilosa e ocorrem em relevo forte ondulado e montanhoso como os morros mais altos do município, tanto ao sul quanto ao norte. Quando ocorrem próximo das regiões mais baixas e planas a fração silte apresenta fertilidade variável podendo ser tanto eutrófico quanto distrófico, (IBGE,1996, 1996; EMBRAPA, 1980). Os Cambissolos originados do Complexo Luís Alves apresentam saturação de bases variável, normalmente argila de atividade baixa e textura argilosa e muito argilosa. Na região de Luís Alves, a principal cultura instalada nestes solos é a da banana.

Os Solos Glei Pouco Húmico distrófico hidromórficos com elevado teor de matéria orgânica no horizonte superficial quando húmico e horizonte Glei dentro de 60 cm da superfície apresentam geralmente coloração acinzentada. São horizontes pouco espessos que apresentam de média a boa fertilidade natural.

Ocorrem em relevos planos e margeando rios, principalmente na região distal do Rio Luís Alves no território municipal (sul). São limitados para o uso em função da má drenagem, por isso são utilizados para o cultivo de hortaliças, arroz irrigado e cana de açúcar. Apresentam associação complexa de Glei pouco húmico distrófico, com argila de baixa atividade textura moderada do horizonte A; quando o horizonte A é proeminente a textura é argilosa, mas de baixa e alta atividade Cambissolo distrófico e eutrófico, com argila de baixa atividade com textura moderada ocorrente em relevos suavemente ondulados, (IBGE,1996; EMBRAPA,1980).

2.5. ÁREAS DE PROTEÇÃO PERMANENTE (APP)

No município de Luís Alves, apesar das características fitofisionômicas e florísticas apresentarem semelhanças com a Ombrófila de Terras Baixas, esta formação se mostra mais exuberante na região devido ao maior grau de conservação, resultante de condicionantes legais e inacessibilidade às áreas mais elevadas e de encostas, topos de morros, apesar do uso intenso dessas regiões para o cultivo da banana e reflorestamentos, em locais mais próximos às áreas de núcleos urbanos e rurais,(Plano Diretor, Luís Alves, 2007).

KLUCKE, C. et.al.(2011) estudando o impacto econômico das Áreas de Preservação Permanente (APP), bem como os conflitos de uso dessas áreas em propriedades bananiculoras no Município de Luís Alves, concluíram que todas as áreas estavam em conflito de uso com as APPs.

De acordo com o Relatório sobre o levantamento dos deslizamentos ocasionados pelas chuvas de novembro de 2008 no complexo do Morro do Baú município de Ilhota, Gaspar e Luiz Alves do Centro de Informações de Recursos Ambientais e Hidro-meteorologia de Santa Catarina (Epagri-Ciram), órgão do Governo do Estado de Santa Catarina, apontou que 84,38% das áreas atingidas por deslizamentos no mês de novembro de 2008 na região do Morro do Baú, que compreende os municípios de Ilhota, Gaspar e Luís Alves, alguns dos municípios mais atingidos e com maior número de perda de vidas humanas, haviam sido desmatadas ou alteradas pelo ser humano, sendo áreas onde predominavam reflorestamentos com eucaliptos (23,44%), lavouras de banana (18,75%), capoeirinha (17,19%) e solo exposto (10,94%). Por outro lado, apenas 15,65% dos desbarrancamentos ou deslizamentos ocorreram em áreas com cobertura florestal densa ou pouco alterada e, ainda segundo estes estudos, mesmo nessas áreas foram observadas algumas influências de ações humanas no entorno,

Observa-se também que a maioria dos deslizamentos que ocorreram em Santa Catarina se deu em áreas com declividade acentuada ou margens de rios, locais estes onde houve intervenção humana para construção de estradas, moradias, agricultura ou silvicultura de espécies exóticas.

De acordo com o relatório a região do Morro do baú no município de Ilhota, duramente castigada pelas chuvas em novembro de 2008, foi novamente atingida pela forte chuva que caiu na noite de 21.01.2011, resultando no alagamento de casas, destruição de pontes, danos a residências e perdas nas lavouras de arroz às margens dos cursos d'água. Cerca de 70% das obras de infraestrutura que haviam sido refeitas após a tragédia de 2008 foram novamente destruídas segundo a prefeitura, que estima que R\$ 12 milhões dos R\$ 17 milhões investidos desde então foram totalmente perdidos. Os moradores da região reclamam que as obras de reconstrução foram mal planejadas e mal feitas.

2.5.1. O Código Florestal e a prevenção da ocupação de áreas de risco

O Código Florestal (art. 2º) é a única norma legal federal, aplicável em todo o território nacional, nos espaços rural e urbano, que estabelece parâmetros claros e objetivos para coibir a ocupação de áreas ambientalmente sensíveis sujeitas a risco de enchentes ou deslizamentos: margens de rios (Área de Preservação Permanente – APP

- proteção mínima de 30 metros em cada margem para rios com até 10 metros de largura, variando até 500 metros em cada margem no caso de grandes rios).entorno de nascentes (Área de Preservação Permanente – APP – raio de 50 metros, inclusive para nascentes temporárias).encostas com declividade superior a 45 graus (Área de Preservação Permanente – APP).topos de morro, montes, montanhas e serras (Área de Preservação Permanente – APP – no terço superior da elevação).Bordas de tabuleiro (Área de Preservação Permanente – APP. Proteção de 100 metros da borda a partir da linha de ruptura) encostas entre 25 e 45 graus (Área de uso limitado, onde se permite apenas manejo florestal seletivo e sustentável).

O Código Florestal (arts. 3º e 14) determina ainda que o Poder Público (Federal, Estadual ou Municipal) deve estabelecer outras restrições nos casos em que peculiaridades locais assim o exigirem. Dentre essas peculiaridades elenca a necessidade de proteção dos locais para atenuar a erosão das terras e assegurar condições de bem-estar público,

Figura 8 - Vista aérea da plantação de banana, área de APP. Luís Alves



Fonte: Associação dos Bananicultores ABLA, 2000

CAPÍTULO III - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. ESTRUTURAS GEOLÓGICAS DEFORMACIONAIS RÚPTEIS

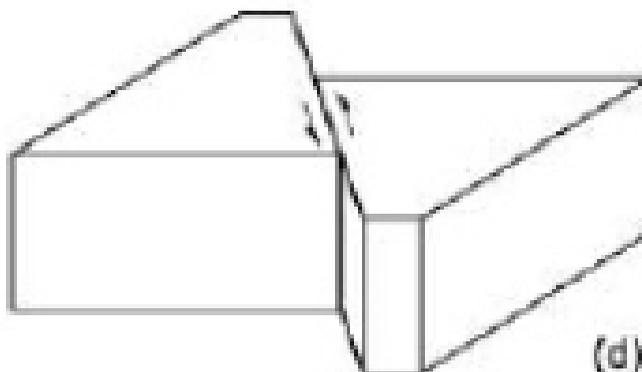
A sistemática morfoestrutural e morfotectónica parte dos estudos desenvolvidos para a interpretação de fotografias aéreas e imagens de satélite, inicialmente estabelecido por Guy (1966), implantada para as condições brasileiras por Rivereau (1972) e Soares e Fiori (1976), adaptado para imagens de satélite por VENEZIANI e ANJOS (1982); PUPIM et. al.,(2007).

As deformações rúpteis em rochas são mais conhecidas como fraturas, as quais podem ser falhas ou juntas.

O termo fratura (fracture) engloba todas as deformações acompanhadas de uma ruptura da rocha. A totalidade da deformação é concentrada ao longo de planos bem definidos da rocha: ela não é penetrativa. As condições crustais para o desenvolvimento de tal tipo de estrutura são geralmente superficiais, embora, em certas situações, elas possam aparecer em profundidades mais elevadas.

Fraturas com movimento paralelo ao plano de ruptura (Figura10d) são chamadas falhas (faults, failles). Elas podem ou não apresentar um movimento perpendicular ao plano de ruptura.

Figura 9 - Representação de fratura com movimento paralelo ao plano de ruptura



Fonte: M.H.Arthaud, 1998

Caetano (2000) define como falha uma ruptura ao longo da qual se dá um deslocamento das paredes opostas, podendo ser do tipo normal, inversa ou transcorrente.

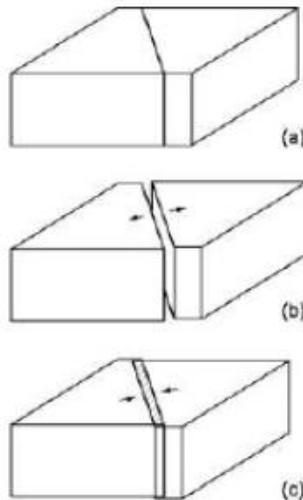
O autor (op.cit.) define como juntas aquelas fraturas em que não há um deslocamento visível em direção paralela ao plano de fratura.

Para Loczy e Ladeira (1976) falhas são descontinuidades nas rochas, provocadas por esforços tectônicos, onde os blocos rochosos são separados e movimentam-se entre si.

As juntas, ou diáclases também são descontinuidades nas rochas, provocadas por esforços tectônicos ou gravitacionais, onde os blocos rochosos são separados, mas não se movimentam entre si tendo como resultantes falhas normais, transcorrentes, reversas ou direcionais, ou como discordâncias formacionais ou deformacionais, DELLA JUSTINA, 2009 apud (FRANZONNI, 2000). Ocorrem de forma sistemática, compondo sistemas que se entrecruzam ou isolados (discretos) e em feixes (séries), LOCZY e LADEIRA (1976); RODRIGUES (2000).

As juntas podem ser, por sua vez, subdivididas em três grupos: fraturas sem movimento nenhum (Figura 11 a), fraturas com movimento de afastamento perpendicular ao plano de ruptura (figura 11 b) e, fraturas com movimento de aproximação perpendicular ao plano de ruptura (Figura 11c).

Figura 10 - (a, b e c). – Subdivisão das juntas em função do movimento ao longo plano de ruptura.



Fonte: Arthaud, (1998)

Para a interpretação das estruturas rúpteis, as anomalias de drenagem destacadas são as retinidades dos canais e assimetria da rede hidrográfica.

Conforme Caetano (2006), a rede de drenagem reproduz em superfície os aspectos do relevo já arrasados e por isto é tida como o elemento importante para a localização de morfoestruturas de subsuperfície, pela configuração das formas de drenagem.

De acordo com Della Justina, (2009), os arranjos geométricos das diferentes estruturas e das vertentes são elementos de análise para a identificação e mapeamento de zonas de fraqueza e com predisposição a erodibilidade, (RIEDEL et al., 1994; OKIDA, 1996; MATTOS 1986; MATTOS et al. 1992), constituindo um forte elemento para análises da suscetibilidade ambiental de uma região, (FERREIRA, 2001); VENEZIANI e ANJOS, (1982).

Os lineamentos estruturais são feições que representam descontinuidades penetrativas na crosta terrestre e que podem ser interpretados como falhamentos quando possuem movimentos relativos aparentes (falhas normais, inversas, reversas, transcorrentes e/ou direcionais) ou como discordâncias formacionais e/ou deformacionais.

Na natureza essas estruturas, manifestam-se na superfície como traços contínuos ou descontínuos, retilíneos ou curvilíneos e, também, sinuosos, dependendo do tipo de estrutura que eles representam. Uma característica desses traços é sua forte estruturação (JIMÉNEZ-RUEDA, et. al.,1993; JIMÉNEZ-RUEDA, et. al., 2006; FRANZONI 2000; DE MOURA, 2009; Guidicini, Pinotti et.al.,2013; PUPIM et. al. 2007; RODRIGUES, 2000; CORSI et. al.,2012).

Os lineamentos estruturais são feições que representam descontinuidades penetrativas na crosta terrestre e que podem ser interpretados como falhamentos quando possuem movimentos relativos aparentes (falhas normais, inversas, reversas, transcorrentes e/ou direcionais) ou como discordâncias formacionais e/ou deformacionais.

Facincani (1994,1995,2000) destaca as feições estruturais (representadas por lineamentos e juntas estruturais) como fatores relevantes no desenvolvimento de processos erosivos e a formação de boçorocas na região de São Pedro-SP, com o objetivo de definir metodologias de reabilitação e uso dos subambientes onde elas aparecem.

Jimenez-Rueda et. all, (2007) evidenciam em seus trabalhos que pelo mapeamento dos lineamentos e da interseção ou cruzamento de lineamentos se pode identificar a distribuição espacial regional do padrão de fraturamento, ruptibilidade, cisalhamento e consequente

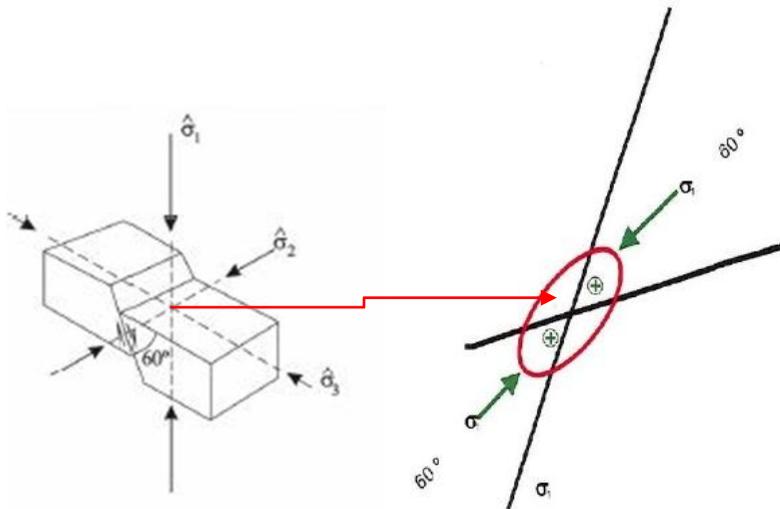
permeabilidade, contribuindo para a identificação de áreas com maior potencial natural de erodibilidade.

Mattos (1986) destaca a importância de se encontrar as principais direções compressivas de uma área dentro de uma zona de cisalhamento, onde essas definem zonas de colapso dos materiais, DELLA JUSTINA, (2009).

A deformação de corpos rochosos ocorre em função da orientação de eixos de tensão, denominados de σ_1 , σ_2 e σ_3 (sigmas 1, 2 e 3), sendo σ_1 considerado tensor compressivo, o σ_3 atua como distensivo e o σ_2 pode atuar como compressivo e/ou distensivo (IBGE, 1998).

Entre o tensor compressivo e o distensivo forma um ângulo de até 60° que constituem as zonas de intenso cisalhamento, conforme modelo utilizado para determinação dos eixos de máxima compressão. No elipsoide de tensão a máxima σ_1 faz ângulo de 60° com o plano de falha (fig.12).

Figura 11 – Orientação do elipsoide de tensão σ_1 .



De acordo com as pesquisas revisadas, a interpretação dos lineamentos e traços de juntas procura auxiliar na identificação de discontinuidades estruturais que interferem na distribuição espacial das morfoestruturas, podendo interromper ou orientar as feições. Outra possibilidade é a interpretação da densidade dessas feições, que permite compreender a distribuição espacial do padrão de fraturamento regional

e, conseqüentemente, o grau de ruptibilidade e permeabilidade dos maciços rochosos, JIMÉNEZ-RUEDA et al. (1993); DELLA JUSTINA, (2009); RIEDEL et al., 1994; OKIDA, 1996; MATTOS 1986; LOCZY e LADEIRA (1976); CAETANO (2006); PUPIM (2010).

3.2. INTERPRETAÇÃO ESTRUTURAL DE DRENAGEM

Os termos abaixo seguem os conceitos apresentados por Soares et al. (1981 e 1982). A descrição e caracterização das anomalias de drenagem são conceituadas como:

- Formas anelares - representam o reflexo na superfície de camadas flexuradas, geralmente se estabelecem sobre estruturas dômicas ou depressões estruturais, concordantes com o acamamento ou com o fraturamento anelar.

- Formas radiais - também podem representar o reflexo do controle estrutural e indicam o sentido geral do mergulho das camadas, mas podem ser de expressão puramente topográfica (divergência de elementos de drenagem a partir de um ponto mais alto). Assim, recomenda-se que essas formas sempre sejam analisadas em conjunto com as formas de assimetria, para a precisa constatação dos altos e baixos estruturais.

- Formas de assimetria - fornecem indicações de mergulhos convergentes ou divergentes do acamamento, definindo altos (domos) e baixos (depressões) estruturais. As formas de assimetria são identificadas a partir dos elementos de drenagem e de relevo. Os canais de drenagem tendem a se estabelecer de acordo com a disposição do acamamento das camadas inclinadas. Assim, os canais mais alongados, subparalelos uns aos outros e de baixa angularidade, em geral tem seus cursos concordantes ao sentido das camadas (rios consequentes), enquanto os canais mais curtos e com ângulos abertos tem seus cursos perpendiculares ao sentido das camadas (rios obsequentes).

- Lineamento estrutural – é uma feição linear mapeável, simples ou composta, contínua ou descontínua, da superfície terrestre (portanto natural), cujas partes estão alinhadas em um arranjo retilíneo ou suavemente curvo e que difere distintamente dos padrões e feições que lhes são adjacentes e, presumivelmente, reflete um fenômeno de subsuperfície (O'LEARY, 1976).

Os lineamentos estruturais são interpretados como discontinuidades da crosta que podem representar discordâncias estratigráficas e ou estruturais e geralmente representam os grandes falhamentos da área. Traço de Junta – juntas são como planos ou

superfícies de fraturas que dividem as rochas e ao longo dos quais não ocorreu deslocamento das paredes rochosas paralelamente aos planos de fratura, ou se o deslocamento ocorreu esse foi mínimo e não visível (LOCZY & LADEIRA, 1980). Morfoestrutura - termo que define uma estrutura presumida, identificada a partir da análise e interpretação de informações de drenagem e relevo. As morfoestruturas são caracterizadas como altos (domos) ou baixos (depressões) estruturais, (Figura 12). Na paisagem estas estruturas ocorrem compartimentadas por lineamentos estruturais, conformando altos e baixos topográficos (um alto topográfico é uma feição de topo de morro (crista) e um baixo topográfico é um vale).

Figura 12 - Modelo de altos e baixos estruturais

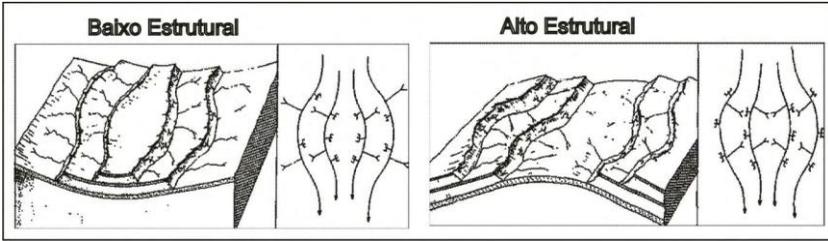
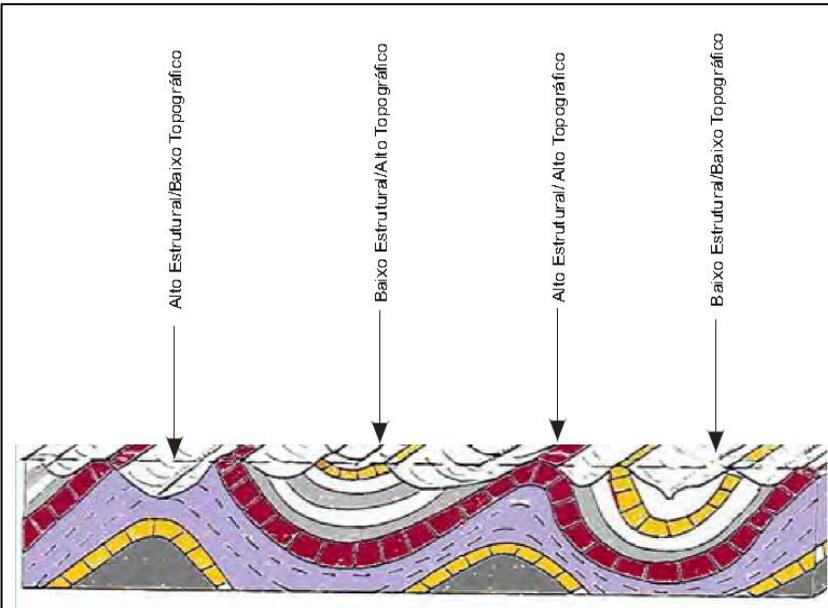


Figura 13 – Representação de altos e baixos estruturais em subsuperfície

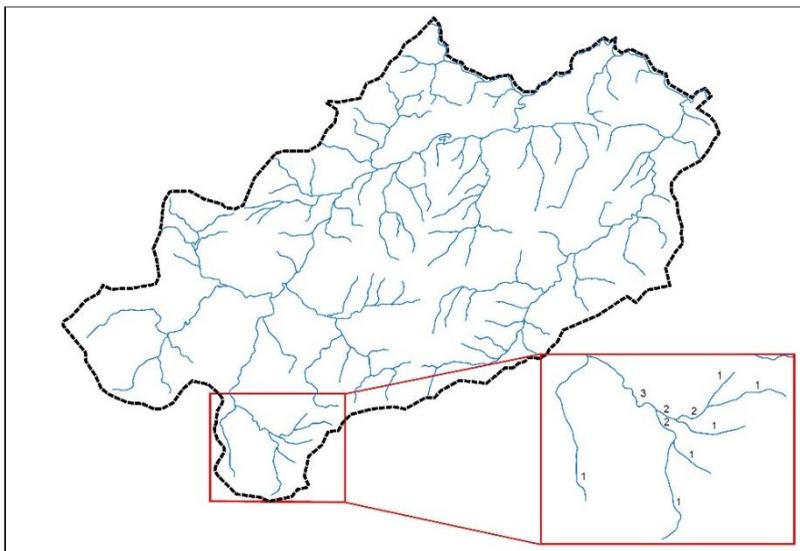


Segundo Soares & Fiori (1976), a rede de drenagem traçada de forma sistemática e uniforme pode fornecer importantes informações relacionadas à estrutura geológica de uma área.

De acordo com Veneziani e Anjos (1982), as imagens orbitais ou aéreas podem ser observadas feições indicativas de fraturas, como feições lineares (lineações) de drenagem e alinhamentos de drenagem e tonais. Lineações de drenagem são pequenas feições, fortemente estruturadas e retilíneas ou curvilíneas, representados principalmente por drenagens de 1º e 2º ordem. Normalmente são indícios de traços de juntas.

Quanto a hierarquização dos canais de drenagem, fornece um ordenamento na disposição dos mesmos, assim como auxilia na elaboração de rosáceas para destacar o alinhamento de cada ordem, (Figura 13).

Figura 14 - Hierarquização dos canais de drenagem de 1ª. E 2ª. ordem da microbacia da área de estudos. 2013

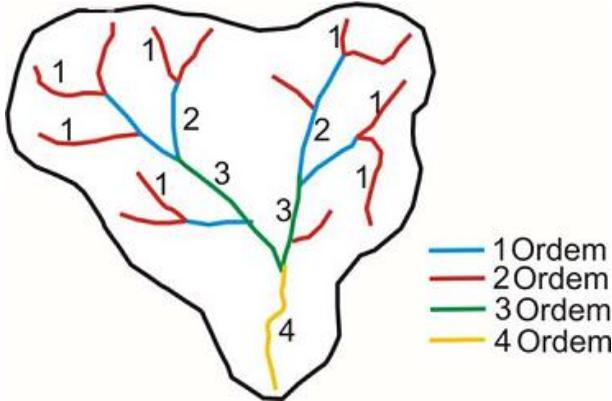


Edição gráfica: Gabriela S. Silva

Nesta pesquisa, para traçar as lineações das drenagens utilizou-se apenas os canais de primeira e segunda ordem. Entretanto, procedeu-se conforme o esquema de ordenamento de canais de drenagem de acordo com Strahler (1952), o qual considera que um segmento que não tenha nenhum tributário é classificado de primeira ordem e seria o canal mais jovem a ser formado na bacia. O segmento de segunda ordem seria a

junção de dois canais de primeira ordem, e assim sucessivamente, (Fig.14).

Figura 15 - Esquema de ordenamento de canais.



Fonte: Strahler (1952).

3.3. TECNOLOGIA ESPACIAL

Um termo originalmente denominado por Hobbs (1912, apud Veneziani, 1987), que caracterizava as relações espaciais de feições, tais como cristas, borda de áreas elevadas, alinhamentos de contatos geológicos, ravinas ou vales, e fraturas ou zonas de falhas visíveis como tais. Segundo este autor, pode ser empregado para designar feições definidas por alinhamentos de relevo e drenagem, os quais englobam as formas definidas por Hobbs.

A distinção entre lineamentos estruturais e falhamentos, na interpretação de produtos de sensoriamento remoto, é necessária devido aos seguintes fatores, Correia et. al. (2010, apud Veneziani, 1987):

- ✓ Os lineamentos não se restringem a apenas um tipo de movimento tectônico ao longo de toda sua extensão ou durante o decorrer dos diferentes ciclos ou fases tectônicas que afetaram uma determinada área;
- ✓ Uma zona de falha pode dar origem a vários lineamentos paralelos a subparalelos, ou vice-versa, ou seja, várias fraturas associadas a uma zona de falha podem dar origem a apenas um lineamento distinguível nos produtos de sensoriamento remoto.

O conceito de lineamento aqui adotado é o proposto por Etchebehere, Saad & Fulfaro (2007), que define lineamentos como "feições lineares topográficas ou tonais observáveis nas imagens fotográficas, que podem representar descontinidades estruturais". Tais traços foram anotados com a preocupação de se evitar interferências de extensões ou continuidades no terreno, limitando-se, mais fielmente possível, ao aspecto factual observado nas imagens de sensores remotos, conforme recomendado por diversos autores (Liu, 1984; Riccomini e Crósta, 1988; Taylor, 1988).

Diversos autores têm utilizado o potencial de ferramentas de Sensoriamento Remoto (SR) e Sistema de Informações Geográficas (SIG) para identificar, modelar e analisar movimentos de massa através de técnicas tais como a fotointerpretação, ao uso de classificadores em imagens de satélites e métodos de interpretação.

De acordo com o IPT(2014), a fotointerpretação de feições associadas a processos geofísicos visa subsidiar a validação do mapeamento dos deslizamentos preliminares locais e pontuais. Essa atividade é executada por meio de interpretação visual direta em mosaicos georreferenciados de ortofotos de alta resolução, disponíveis na escala 1:25.000. Para tal, utiliza-se os softwares, como por exemplo, o ArcGIS, o SPRING, IDRISI, entre outros; os quais permitem a visualização 3D por meio da sobreposição das ortofotos ao MDE. Utiliza-se também o aplicativo Google Earth no auxílio à visualização 3D.

As feições interpretadas são verificadas posteriormente, durante os trabalhos de campo, cujas informações permitem a revisão e complementação dos dados por meio de reinterpretação e integração.

Como material de apoio, utiliza-se mapas temáticos de hidrografia, padrões de relevo, geologia, hipsometria e declividade, os quais auxiliam na compreensão da geofísica da área (padrão do modelado, formas do relevo, graus de dissecação, declividade, formas e processos atuantes nas vertentes, etc), IPT (2014).

Devido a quantidade de informações e sua natureza complexa que envolvem uma pesquisa sobre movimento gravitacional de massa e geologia estrutural, com um grande número de novos sensores e plataformas e a constante atualização dos potentes softwares de SIG tem contribuído muito para o avanço destas áreas.

Estes satélites registram as características da superfície terrestre dentro de bandas distintas do reflectivo e parte do termal, no espectro eletromagnético. Os resultados da informação espectral podem ser usados para distinguir diferentes tipos de vegetação, solo e rochas,

baseados em feições de absorção específicas. A qualidade e o detalhamento das informações espectrais registradas dependem do número de bandas, sua faixa espectral e o seu posicionamento no espectro eletromagnético, Van Westen (2004).

Outro grande impacto no campo da geração da base de dados para análise de movimentos de massa, utilizado na maioria das pesquisas voltadas para o assunto, é a geração do modelo digital de terreno “MNT” ou The Digital Terrain Model “DTM”, que tem sofrido significativas mudanças em termos de disponibilidade de dados e velocidade de processamento e extração de informações nos últimos anos.

O Modelo Digital de Terreno é cada vez mais utilizado para análises visuais e matemáticas de topografia, paisagem, formas de relevo, bem como para o modelamento de processos superficiais.

No processo de modelagem numérica de terreno podemos distinguir três fases: aquisição dos dados, geração de grades e elaboração de produtos representando as informações obtidas.

Os dados de modelo numérico de terreno estão representados pelas coordenadas xyz, onde z, o parâmetro a ser modelado, é função de x y, ou seja: $z = f(x, y)$. Estes dados são usualmente adquiridos segundo uma distribuição irregular no plano x y, ou ao longo de linhas com mesmo valor de z ou mesmo com um espaçamento regular.

Os MDT são construídos a partir dos dados altimétricos obtidos de levantamentos diretamente realizados no terreno, digitalização de curvas de nível em cartas topográficas, fotografias aéreas, e sistemas orbitais (ASTER, SPOT, AVIRIS, SRTM, InSar, Lidar, LANDSAT TM, etc.).

Diversas pesquisas utilizam imagens de satélite como dado básico, têm sido capaz de revelar importantes feições e lineamentos do embasamento. Um bom exemplo disso é a comparação de falhas de superfície com lineamentos gravimétricos, sobrepostos ao modelo de elevação digital do terreno iluminado segundo diferentes ângulos e rede de drenagem. Esta análise permite evidenciar reativações tectônicas de estruturas do embasamento que alcançaram formações aflorantes e condicionaram a formação de feições lineares na topografia, ALMEIDA FILHO e HENRIQUE BEISL (2000).

Cabe mencionar que o rápido desenvolvimento da tecnologia digital, a partir da década de 80, tem revolucionado o conteúdo, a produção, e o uso dos mapas geológicos e os mapas temáticos correspondentes (mapas estruturais, litológicos), assim como toda a gama de mapeamento de movimentos de massa, que atualmente estão

sendo gerados em forma digital. A utilização de programas que utilizam sistemas de informações geográficas no estudo e apresentação dos diversos mapas temáticos, e bancos de dados relacionados, constitui-se certamente em uma ferramenta vigorosa na elaboração de mapeamentos.

3.4. DESASTRES NATURAIS

Em 1961 Charles Fritz apud (PEEK, L.A.; MILETI, D. S.2002) definiu desastre como um evento, concentrado no tempo e no espaço, em que uma sociedade, ou uma subdivisão relativamente autossuficiente da sociedade, passa por grave perigo e fica sujeita a perdas físicas e econômicas, onde a estrutura da sociedade fica fragilizada e a realização de toda ou algumas das funções essenciais da sociedade fica prejudicada.

Muitos eventos geofísicos, tais como terremotos, erupções vulcânicas, deslizamentos, e inundações ameaçavam à flora e fauna prevalecente. Entretanto, milhões de anos depois, com a presença humana, os eventos geofísicos transformaram-se em catástrofes naturais (ALCÁNTARA-AYALA, 2002).

Isto é, a transformação desses eventos geofísicos em catástrofes naturais ocorreu quando o homem começou a interagir com a natureza.

Alcântara-Ayala, (2002) define desastres naturais como eventos naturais extremos capazes de produzir danos físicos e socioeconômicos, no momento da ocorrência ou posteriormente, em virtude de suas consequências. Apesar de ser esperada, a maioria desses eventos ocorrem de maneira súbita e violenta.

Para CEPAL(2003) os desastres podem ser classificados em dois grupos: catástrofes naturais e catástrofes provocadas pelo homem. É comum que as consequências dos desastres naturais têm sido ampliada ou agravada pela ação humana.

Os desastres naturais mais comuns na América Latina e Caribe são causadas por tempestades tropicais e furacões, inundações, secas, geadas e granizo, terremotos, erupções vulcânicas, tsunamis, deslizamentos de terra, etc.

Alexander (1995) cita que, associado ao termo desastre natural, está a definição do agente geofísico, o número de mortes, o custo dos danos e o impacto sobre o sistema social. São esses quatro pressupostos que possibilitam distinguir um desastre de um evento natural.

Com relação à sua gênese, os desastres estão associados a diversos agentes ou processos geofísicos, principalmente aqueles

integrados à dinâmica e à modelagem da superfície terrestre, como os terremotos, vulcões, movimentos de massa, entre outros.

Para os pesquisadores da Internacional Estratégia para Redução de Desastres (ISDR- ONU,1999,2002), a probabilidade de risco de consequências danosas, perdas (mortes, lesões, perda da propriedade), tanto quanto os meios de subsistência e a atividade econômica interrompida ou ambiente danificado, são resultantes das interações entre os riscos naturais e/ou induzidas, e as condições vulneráveis.

Alcântara-Ayala (2002) categoriza esses eventos como endógenos (vulcanismo e tectonismo), exógenos (movimentos de massa, avalanches de neve, erosão costeira, tsunamis, etc.) e os induzidos por mudanças climáticas e uso da terra (desertificação, enchentes, erosão do solo, etc.).

Cruz (2002) esclarece que existem três grupos principais de processos naturais que ocorrem nas encostas nas áreas úmidas tropicais: (i) intemperismo (pedogênese), formando espessos mantos retrabalhados por (ii) escoamento superficial e sub-superfície e fluxo do rio, e (3) em movimentos massa, especialmente em encostas, tais como as da Serra Geral, no sul do Brasil.

Ainda conforme o autor (op. cit.), tais processos naturais variam de acordo com a declividade, forma do relevo, ângulo das vertentes, comprimento das escarpas, bem como, a sua natureza geológica, a espessura de leitos e alteração das condições climáticas, entre outros.

Portanto, a apropriação do relevo pelo homem, como recurso ou suporte, é responsável por alterações substanciais do seu estado natural, como a implementação de cultivos que ocasionam desmatamento, modificando radicalmente as relações processuais, do predomínio da infiltração para o domínio do fluxo por terra, CASSETI, V., (2005).

Segundo Alexander (1995), todo desastre natural possui quatro dimensões fundamentais: (a) tempo - fornece uma linha temporal sobre o comportamento do fenômeno; (b) espaço - local em que os eventos desdobram-se; (c) magnitude - expressa a abrangência de um evento extremo; e (d) intensidade - refere-se ao tamanho e à intensidade dos impactos e/ou outros efeitos.

O mesmo autor observa que nas últimas décadas houve um incremento no número e na intensidade dos desastres naturais, em função do aumento populacional, do processo de segregação sócio espacial e da acumulação de capital.

Vários autores e instituições que colaboram com pesquisas sobre a temática dos perigos naturais, cujos trabalhos científicos envolvem a avaliação de riscos sobre um evento natural ou induzido, Varnes (1984);

Cerri e Amaral (1998), Augusto Filho et al. (2001), Macedo (2001), Kobiyama et al., (2006), Brasil (2006); Cerri e Amaral (1998); Gomes (2008).

3.5. PERIGO

Perigo pode ser único, sequencial ou combinado em sua origem e efeitos. Cada perigo é caracterizado pela sua localização, intensidade, frequência e probabilidade.

Portanto, é de senso comum que os desastres naturais são eventos geofísicos de fato. Entretanto, esses eventos têm a característica de colocar o ser humano diante de uma situação de perigo.

E esse perigo não é o processo por si só, ele é o resultado do sistema ambiental frágil e humano (vulnerabilidade humana), e quando esses dois tipos de vulnerabilidades seguem as mesmas coordenadas no espaço e tempo, a probabilidade de ocorrência de desastres naturais é bem real, (INFANTE JR. & FORNASSARI,1998).

Kobiyama et al. (2006) distingue os conceitos para risco e perigo, mesmo que muitas vezes sejam utilizados como sinônimos por muitos profissionais da área. O termo Perigo é aplicado a um fenômeno natural que ocorre em região conhecida que pode causar sérios danos nas áreas sob impacto. Estes ocorrem na biosfera, podendo constituir eventos danosos se forem modificados pela atividade humana, como por exemplo, a degradação do ambiente pela urbanização.

Nesse sentido, podemos interpretar que um risco natural é expresso como um elemento no meio físico perigoso para o homem; uma interação perigosa de pessoas e natureza; coexistindo na probabilidade de ocorrência de um fenômeno potencialmente prejudicial.

De acordo com Bonachea et. al., (2005), desde o século 19, vários autores têm apontado o papel crescente de vivência do ser humano em mudanças pelo planeta; biosfera, hidrosfera, clima ou processos que afetam a superfície da litosfera.

Mais recentemente, contudo, o foco do assunto desastres naturais moveu-se em direção à consideração da situação criada por tais fenômenos como sua origem, natureza, tamanho, velocidade e outros atributos físicos do risco, que resulta em catástrofes.

Até certo ponto, a modificação do foco foi ocasionada pelo reconhecimento da capacidade limitada para controlar tais atributos, em caso de riscos naturais especialmente.

3.6. SUSCETIBILIDADE

Entende-se como suscetibilidade (hazard) a possibilidade de ocorrência de fenômeno geológico (evento), sendo o risco (risk) a possibilidade de que o fenômeno seja acompanhado de danos e perdas (CERRI, 1998).

Suscetibilidade refere-se ao processo natural em si mesmo, e pode ser caracterizada pela potencialidade de um evento como causador da transformação no meio físico, independentemente de suas consequências para as atividades humanas (DIAS,2000).

A suscetibilidade à erosão depende da declividade e das características do perfil do terreno, da constituição e granulometria do solo e, de fatores antrópicos relacionados com a remoção da vegetação; concentração de águas pluviais; exposição de terrenos suscetíveis; execução inadequada de cortes e de aterros e do tipo de litólito.

Constantemente verifica-se uma confusão entre os conceitos de suscetibilidade e riscos, sendo um dado como o outro.

Suscetibilidade refere-se ao processo natural em si mesmo, e pode ser caracterizada pela potencialidade de um evento como causador da transformação no meio físico, independentemente de suas consequências para as atividades humanas (MOPT, 1992).

No estudo da suscetibilidade as bases principais são as descritoras do meio físico (geologia, geomorfologia, declives, cobertura vegetal, mapas de solos, etc.), enquanto que análise de risco incorpora informações sobre o uso do meio físico e a importância das instalações e infraestruturas humanas que, conjugadas com a suscetibilidade, fornecem a hierarquização dos graus de risco, servindo como subsídio para a definição das medidas preventivas e corretivas a serem tomadas.

3.7. FRAGILIDADES ESTRUTURAIIS

O uso da terminologia fragilidade estrutural foi empregado a partir da análise tanto os aspectos ligados às dinâmicas naturais e, por isso, ditos relacionados à vulnerabilidade e/ou suscetibilidade do meio, como os aspectos ligados às dinâmicas socioeconômicas, ou seja, confirmando o conceito de “fragilidade ambiental” enquanto análise integrada do ambiente sob seus diferentes componentes: naturais e antrópicos. Da mesma forma Soares e Rodrigues (2003), usaram este mesmo conceito de fragilidade estrutural para avaliar as características estruturais dos maciços rochosos da Ilha de Santa Catarina. Na presente

pesquisa, foi adotada esta terminologia por indicar áreas passíveis de novos eventos.

3.8. RISCOS

A conceituação de risco é ampla, varia de acordo com a área em estudo e envolve sempre questões de probabilidade.

Os riscos naturais podem ser classificados de maneiras diferentes, mas por razões práticas, na literatura especializada é comum a separação em dois grupos principais: (1) fenômenos meteorológicos, tais como furacões, tempestades, secas e inundações; e (2) ameaça geológica, que são atividades geofísicas tal como terremotos, erupções vulcânicas, deslizamentos de terras, torrentes de lama, e tsunamis (KOBAYAMA, 2011, ALCÂNTARA-AYALA, 2002).

As catástrofes naturais ocorrem quando as forças desses fenômenos interagem com a vulnerabilidade que resulta de origem antropogênica ou ambiental. A relação entre um risco e vulnerabilidade gera a condição do risco. Quando esta relação é inadequadamente processada, as catástrofes naturais ocorrem. Isto é, sempre haverá desastres naturais. Porém, estes serão mais catastróficos ou não, dependendo da gestão de riscos.

Com a declaração da Década Internacional da Redução de Catástrofes Naturais por parte das Nações Unidas (ONU, 2010), mais investigações sistemáticas à cerca dos desastres naturais, que implica em como os fenômenos naturais causam os desastres; as condições socioeconômicas que fazem as comunidades mais ou menos expostas aos desastres, e, as relações que existem entre os fenômenos naturais versus as condições socioeconômicas, (CHUNG et. al.(2005); GUZZETTI et. al. (2002); ARDIZZONE et al.(2006); HERRMANN,(2006); BONACHEA,(2009).

Quando se fala em desastres naturais, está-se referindo a fenômenos naturais que afetam as sociedades ocasionando grandes e severos danos.

O Secretariado da Estratégia Internacional para Redução de Desastres (EIRD) apresenta estas definições básicas sobre a redução de risco de desastres, a fim de promover um entendimento comum sobre esse assunto para uso do público, autoridades e profissionais.

Os termos são baseados em uma ampla consulta de diferentes fontes internacionais. Esse é um esforço contínuo da EIRD para se refletir em futuras revisões, respondendo a uma necessidade expressa em vários foros internacionais, discussões a nível nacional e regional.

Um desastre é a função do processo de risco. A ISDR-ONU,(1991) define risco como o resultado da combinação de perigos, condições de vulnerabilidade e a incapacidade de regeneração ao desastre.

Segundo a Agência de Gestão de Emergência da Austrália, os riscos são as fontes primárias de risco no contexto da gestão de emergências, mas eles têm de interagir com elementos em perigo na comunidade e no seu ambiente, para conduzir às situações que são identificadas como desastres. Tal universo inclui os elementos construídos, físicos e sociais que interagem com a comunidade (EMA, 2004).

Riscos podem incluir, também, condições latentes que na sua maioria representam ameaças futuras e ter diferentes origens: naturais tais como a geológica, hidrológica, climática e geomorfológica.

Ou, condições induzidas por processos humanos como por exemplo a degradação ambiental na forma de ocupação (irregular) em áreas de encostas, bastante comum nas áreas urbanas.

Para Castro et. al. (2005) o risco pode ser tomado como uma categoria de análise associada, a priori, às noções de incerteza, exposição ao perigo, perda e prejuízos materiais, econômicos e humanos em função de processos de ordem natural, tais como os processos exógenos e endógenos da Terra.

Risco é a probabilidade de ocorrer consequências danosas ou perdas esperadas (mortos, feridos, edificações destruídas e danificadas, etc.), como resultado de interações entre um perigo natural e as condições de vulnerabilidade local (UNDP, 2004). Portanto, risco é a probabilidade (mensurável) de um perigo transformar-se num desastre.

Portanto, o risco de desastre natural refere-se à probabilidade de ocorrência de processos no tempo e no espaço e à maneira como esses processos afetam (direta ou indiretamente) a vida humana, ARDIZZONE et al.(2006); CASTRO et al, (2005); SANGHI, (2011).

Segundo Cerri (1990); Fernandes e Amaral (1996), risco geológico é definido como uma situação de perigo, perda ou dano, ao homem e suas propriedades, devido à possibilidade da ocorrência de processos geológicos, sejam eles induzidos ou não.

Conforme Cerri (1990), por definição só há risco geológico quando é possível a identificação de consequências sociais e econômicas diretamente relacionadas a determinada condição ou processo geológico e pode ser representado pela fórmula matemática:

$$R = P \times C \quad (1)$$

Onde: R é o risco geológico ou possibilidade de ocorrência de acidente. O risco geológico pode ser classificado também como atual e potencial. P corresponde ao potencial de ocorrência de acidente geológico, C às consequências sócio econômicas.

Em outras palavras, a aplicação desta fórmula é a descrição matemática de risco pelo resultado da combinação entre a probabilidade de ocorrer um evento e consequências nos diversos setores sócio econômicos.

A melhor forma de representar e analisar a suscetibilidade aos processos geológicos e os riscos consequentes se dá pela cartografia, que pode seguir vários procedimentos e métodos, dependendo dos objetivos, da escala de trabalho e dos processos que se estuda.

Entretanto, geralmente as técnicas utilizadas baseiam-se em cruzamento de informações cartográficas (cartas temáticas) de forma a obter um produto cartográfico derivado, onde estariam representados os processos geológicos, hierarquizada a suscetibilidade e avaliados os riscos decorrentes destes processos.

3.9. MOVIMENTOS DE MASSA

Movimentos de massa é um termo geral para todos os processos que transportam materiais de terra pelas encostas abaixo, devido à força gravitacional. Além disso, a sociedade humana faz muito para aumentar a incidência de problemas em movimentos de massa, e os processos destes, onde estes causam tanto dano financeiro como qualquer outro tipo de desastre natural.

A formação e dinâmica do relevo relacionam-se tanto à interação de variáveis endógenas, como o tipo e estrutura das rochas e as atividades tectônicas, quanto exógenas, como as variáveis climáticas, atuação de fauna e flora, etc. (CHORLEY E KENNEDY, 1971; CHRISTOFOLETTI, 1974; CHORLEY et. al., 1984). Como parte dessa dinâmica ocorre os processos de vertente, entre os quais, os movimentos de massa, que envolvem o desprendimento e transporte de solo e/ou material rochoso vertente abaixo.

Hutchinson (1968) define os movimentos de massa como sendo movimentos induzidos pela ação da gravidade, como por exemplo, os escorregamentos de encostas e as quedas e tombamentos de blocos rochosos. Os movimentos regidos por um agente de transporte como água, gelo, neve ou ar, são denominados processos de transporte de massa.

A mobilização de material deve-se à sua condição de instabilidade, devido à atuação da gravidade, podendo ser acelerada pela ação de outros agentes, como a água.

Movimentos de massa em terreno montanhoso, muitas vezes ocorrem durante ou após a precipitação brusca, resultando na perda de vida e danos ao meio ambiente natural e / ou construído.

Mapear ou delinear estas áreas, suscetíveis a movimentos de massa, é essencial para as atividades de uso da terra e gestão de tomada de decisão em áreas montanhosas.

Segundo Selby, 1990 apud (Dias & Herrmann, 2002, p.11), movimento gravitacional de massa é o movimento de solo ou material rochoso encosta abaixo sob a influência da gravidade, sem a contribuição direta de outros fatores como água, ar ou gelo.

Os autores (op. cit.) acrescentam ainda que, a água e o gelo geralmente estão envolvidos em tais movimentos, reduzindo a resistência dos materiais e interferindo na plasticidade e fluidez dos solos.

Bigarella (2003) conceitua de movimento gravitacional de massa como sendo o deslocamento de grande volume de material (solo e rocha) vertente abaixo sob influência da gravidade, sendo desencadeado pela interferência direta de outros meios ou agentes independentes, como água, gelo ou ar.

Os movimentos de massa estão ligados à alteração do equilíbrio entre as tensões no interior da massa (CRUZ, 1974). O equilíbrio é controlado principalmente pelo teor de água e pela estrutura interna das argilas, ou seja, pela interação e coesão entre os grãos que formam o solo em questão.

Portanto, os movimentos de massa podem ser deflagrados por eventos chuvosos extremos, chuvas prolongadas de intensidade moderada, terremotos, erupções vulcânicas e derretimento de geleiras.

De acordo com Augusto Filho (1993), os movimentos de massa relacionados às encostas podem ser agrupados em quatro grandes classes: rastejo, escorregamentos, quedas e corridas. Cada uma dessas classes, por sua vez, admite outras subdivisões, que determinam variadas classificações e terminologias, as quais não serão abordadas nesse contexto.

Sistemas de classificação de movimentos de massa são geralmente baseados numa combinação de material e mecanismo de movimento.

De acordo com Tomonaga, citado por Fernandes & Amaral (1996, p.38), qualquer esquema proposto apresenta limitações, uma vez

que na natureza os movimentos de massa tendem a ser mais complexos, dificultando estabelecer limites entre classes ou ainda pela manifestação de várias classes num mesmo movimento.

Apesar da definição simples, os eventos de deslizamento são complexos geológico / geomorfológico e os processos são, portanto, difíceis de classificar.

Deve-se ressaltar que a classificação desses fenômenos assume especial relevância quando esta possui um caráter genético, isto é, transferência das características físicas associadas relacionando a tipologia dos movimentos com os processos e mecanismos necessários para a sua deflagração. Esta abordagem torna-se uma importante base teórica para os estudos da correta tipologia destes movimentos associada aos tipos de mecanismos de ruptura.

Um sistema de classificação adequado deve ser baseado em parâmetros e / ou características que podem ser medidos e observados no campo. Ao mesmo tempo, um sistema de classificação deve satisfazer requisitos de singularidade, racionalidade, homogeneidade e disposição de aplicação, embora a detecção das classes serem mutuamente exclusivas.

Os movimentos de massa são deflagrados pelo aumento da mobilização de material (erosão, energia cinética da chuva, entre outros) e pela redução da resistência do material (ação desagregadora de raízes, rastejamentos, textura e estrutura favoráveis à instabilização).

Esses processos são parte da dinâmica natural da formação do modelado, mas tornam-se um problema quando se encontram relacionados à ocupação humana, ou seja, quando há ação antrópica em áreas naturalmente potenciais à sua ocorrência, além de, também, serem induzidos por esta ação.

Nessa perspectiva de relação entre eventos naturais e ação antrópica, o fenômeno é enquadrado como sendo de risco, ou seja, fenômenos de origem natural ou induzidos antrópicamente e que acarretam prejuízos aos componentes do meio biofísico e social (VARNES, 1978; CERRI, 1993; ZUQUETTE et. al., 1995).

Brunsdén e Ibsen, 1996 apud (Varnes,1978), identificam três grandes unidades morfológicas de um movimento gravitacional de massa, designadas por: área de ruptura, setor de transporte com forma de canal e área de acumulação, Fig.15.

Figura.16 - Seção típica do escorregamento translacional raso (planar).



Fonte: Wolle & Carvalho (1989)

A classificação de Varnes (1978) está na base das categorizações atuais de movimentos de massa mais aceitas na comunidade científica e tem uma atualização em (CRUDEN & VARNES, 1996).

No entanto, foi em 1993 com a classificação proposta pela Working Party on World Landslide Inventory (WP-WLI, 1993b), que se uniformizou a terminologia especificamente à tipologia; à distribuição espacial, estado e estilo de atividade; à morfologia e às dimensões dos movimentos de vertente. Para estes autores o objeto de classificação designa-se por “Movimentos de Vertente” (landslides).

É com base nesta terminologia que têm sido elaborados vários trabalhos de relevância científica, (WP-WLI, 1993b) - grupo de trabalho da UNESCO; (CRUDEN & VARNES, 1996) e (DIKAU et al., 1996).

Estes autores apresentam um grupo de conceitos que resulta da queda (fall); tombamento (Topple); expansão lateral (Spreading), deslizamento (slide)– rotacional e translacional; fluxo (flows) e movimento complexo ou misto. Quanto ao tipo de material, considera-se a rocha, os detritos (material grosseiro) e solo (material fino).

Tabela.2- Principais tipologias de movimentos de massa.

<i>Tipologia de Movimento (Mecanismo de Rotura)</i>		<i>Material Afetado</i>		
		<i>Rocha</i>	<i>Detritos</i> <i>(Grossoiro)</i>	<i>Solo</i> <i>(Fino)</i>
<i>Tipo</i>	<i>Subtipo</i>			
Desabamento (<i>Fall</i>)		de rocha (<i>Rock fall</i>)	de detritos (<i>Debris fall</i>)	de terra (<i>Earth fall</i>)
Tombamento (<i>Topple</i>)		de rocha (<i>Rock topple</i>)	de detritos (<i>Debris topple</i>)	de terra (<i>Earth topple</i>)
Deslizamento Rotacional (<i>Slide</i>)	Simples (<i>slump</i>); múltiplo; sucessivo	Rotacional rochoso (<i>Rock slump</i>)	Rotacional de detritos (<i>Debris slump</i>)	Rotacional de terra (<i>Earth slump</i>)
Deslizamento Translacional (<i>Slide</i>)	Não Rotacional	Translacional em bloco rochoso (<i>Rock block slide</i>)	Translacional em bloco de detritos (<i>Debris block slide</i>)	Translacional em bloco de terra (<i>Earth block slide</i>)
	Planar	Translacional rochoso (<i>Rock slide</i>)	Translacional de detritos (<i>Debris slide</i>)	Translacional de terra (<i>Earth slide</i>)
Expansão Lateral (<i>Lateral Spreads</i>)		de rocha (<i>Rock spread</i>)	de detritos (<i>Debris spread</i>)	de terra (<i>Earth spread</i>)
Fluxos / Escoadas (<i>Flows</i>)		de rocha (<i>Rock flow</i>)	de detritos (<i>Debris flow</i>)	de terra (<i>Earth flow</i>)
Movimentos Complexos (<i>Complex</i>)		Combinação de dois ou mais tipos de movimento		

Os deslizamentos de terra são definidos por Zêzere (1997), como uma forma de movimento no qual massas de argilas brandas, silte ou areia muito fina, avançam lentamente por deslizamento, ao longo de planos de ruptura descontínuos, originando formas lombadas ou alongadas.

Keefer e Johnson (1983), referem como aspectos morfológicos característicos, a forma em língua com frente arredondada, o perfil longitudinal sinusoidal (côncavo a montante e convexo a jusante), e a presença de orlas laterais a flanquear a área afetada.

A distinção do tipo de mecanismo de ruptura e do material afetado :

- A. Queda (*Fall*) ocorre sempre que o declive natural da vertente excede o limite para o equilíbrio dos materiais que a uma deslocação de solo ou rocha a partir de um abrupto, ao longo de uma superfície onde os movimentos tangenciais são nulos ou reduzidos. O material desloca-se predominantemente pelo ar, por queda, saltação ou rolamento (WP-WLI, 1993b), ao longo de vertentes com declives acentuados, por vezes verticais, (MARQUES, 1997); (MARQUES, 2008). A forma

da ruptura pode ser planar, em cunha, em degraus e vertical. Alguns autores fazem uma distinção entre queda de blocos, que corresponde à queda de calhaus ou blocos isolados, ou em grupo e desabamentos que correspondem a quedas de massas rochosas de grandes dimensões. A principal causa deste fenómeno pode ser o crescimento de raízes, que acabam por abrir mais as fraturas existentes nas rochas (FLAGEOLLET & WEBER, 1996). A precipitação é um fator fundamental, pois faz com que a rocha perca coesão e as forças tangenciais se sobreponham às forças de atrito.

- B.** Tombamento (Topple) corresponde a uma rotação de uma massa de solo ou rocha, a partir de um ponto ou eixo situado abaixo do centro de gravidade da massa afetada (WP-WLI, 1993b) que se desenvolve preferencialmente ao longo de planos de estratificação irregulares, clivagens, fraturas de tensão (DIKAU et al., 1996). Este movimento ocorre por influência da gravidade e por ação de forças laterais, que são exercidas por unidades adjacentes e por fluidos presentes em diáclases e fraturas, de acordo com VARNES (1978).
- C.** Expansão Lateral, ou lateral (spreading), é uma extensão de massas coesivas de solo ou rocha, combinada com uma subsidência do material brando subjacente (WP-WLI, 1993b). Este movimento caracteriza-se por ser lento em rocha e bastante rápido quando se opera em solos.
- D.** Deslizamento (Slide), movimento de solo ou rocha que ocorre predominantemente ao longo de planos de ruptura ou de zonas relativamente estreitas, alvo de intensa deformação tangencial (WP-WLI, 1993b). BUMA e VAN ASCH (1996), definem movimento de materiais ao longo de uma superfície de cisalhamento.

Os deslizamentos podem ser rotacionais, translacionais e em cunha. E, segundo ZÊZERE (1997), a massa deslocada pelo movimento permanece em contato com o material subjacente não afetado, exibindo graus de deformação bastante variáveis, consoante ao tipo de deslizamento. A cicatriz destes movimentos começa por se desenvolver em estrias, previamente desenvolvidas na topografia original, que são indicadoras de que o processo entrará em curso e da direção da deslocação do movimento.

O processo do deslizamento é variável no tempo, pois pode demorar entre alguns minutos a alguns anos até que o talude estabilize.

Os deslizamentos podem ser subdivididos em função do tipo de ruptura tangencial e das características do material afetado

D(a). Deslizamentos Rotacionais (Slumps) apresentam uma superfície de cisalhamento circular ou em forma côncava, havendo um grau muito baixo de deformação interna do material deslocado (BUMA & ASCH, 1996). Os deslizamentos rotacionais podem ser simples quando ocorrem ao longo de superfícies de ruptura curvas, em meios geralmente homogêneos e isotrópicos. O movimento envolve uma rotação, materializada por um abatimento na parte montante do deslizamento e por um levantamento do seu setor frontal, formando aclives mais ou menos pronunciados (ZÁRUBA & MENCL, 1982); (HUTCHINSON, 1968, 1988).

Os deslizamentos rotacionais são múltiplos quando se desenvolvem a partir de uma base comum e são sucessivos, quando se desenvolvem em cadeia (VARNES, 1978), tendência para evoluírem retrospectivamente, por perda de estabilidade na base.

D(b). Deslizamentos Translacionais (planares) são movimentos de translação em uma superfície plana e com alguma inclinação (VARNES, 1978), havendo uma grande deformação interna dos materiais (IBSEN et al., 1996). Estes movimentos têm uma curta duração e apresentam um plano de ruptura, geralmente abrupto e bem definido, (GOMES, 2006).

Os Deslizamentos translacionais podem ser divididos em função do tipo de plano de ruptura, obtendo-se deslizamentos translacionais não rotacionais e os deslizamentos com ruptura planar (DIKAU et al., 1996).

De acordo com Zêrere (1997), os deslizamentos translacionais não rotacionais encontram-se na transição entre os deslizamentos rotacionais e os translacionais mais típicos (planares). No que diz respeito ao material afetado, os deslizamentos translacionais podem ser de rocha ou detritos, em bloco (block slide) ou em solo (slab slides), (DIKAU et al., 1996).

Os deslizamentos translacionais, contrariamente aos rotacionais, desenvolvem-se em meios anisotrópicos apresentando um controle estrutural evidente em que o movimento é controlado por superfícies de fragilidade com baixo nível de resistência ao corte, pois desenvolve-se, essencialmente, ao longo de falhas normais e cavalgamentos, fraturas, contatos litológicos, planos de estratificação sub-horizontais e superfícies de contato entre rocha-mãe e os depósitos de vertente.

Os deslizamentos translacionais são fortemente controlados pela topografia (MONTGOMERY & DIETRICH, 1994), geralmente, desencadeado durante chuvas intensas após a saturação do solo no

contato entre o manto de alteração e o substrato rochoso (GOMES, 2006).

- E.** Fluxo (flow) é um movimento com superfícies de tensão tangencial efémeras e mal preservadas, em que a distribuição da velocidade na massa deslocada assemelha-se à de um fluido viscoso (WP-WLI, 1993b: 6-2), apresentando deslocamentos livres e individuais de partículas no interior de uma massa em movimento.

Envolvem vários tipos de materiais e podem ter origem em rocha muito fraturada, detritos clásticos numa matriz fina (DIKAU et al., 1996: 149).

Têm muitas tensões que causam uma grande deformação interna dos materiais e diferenças de velocidade, que são maiores junto à superfície (CARSON & KIRKBY, 1975); (BROMHEAD, 1992).

Os fluxos podem ser de rocha (BISCI et al., 1996); de lama (SCHROTT et al., 1996) e de detritos e caracterizam-se por serem movimentos muito turbulentos, em que os materiais, finos e grosseiros se dispõem caoticamente, tendo o seu início num colapso repentino da estabilidade da vertente, por ação da força de gravidade. São movimentos bastante rápidos e destrutivos (GOMES, 2006).

Desencadeados por precipitações intensas ou de longa duração e são, normalmente, controlados pela topografia, sendo a sua ocorrência favorável em locais de convergência do fluxo subsuperficial, onde há um aumento da saturação do solo que provoca uma diminuição da força de resistência ao cisalhamento (MONTGOMERY & DIETRICH, 1994). Geralmente, estes movimentos têm o seu início a partir de deslizamentos translacionais superficiais.

- F.** Movimentos de Massa em Cunha se associam a saprolitos e maciços rochosos, nos quais a existência de duas estruturas planares, desfavoráveis a estabilidade, condiciona o deslocamento de um prisma ao longo do eixo de intersecção dos planos.

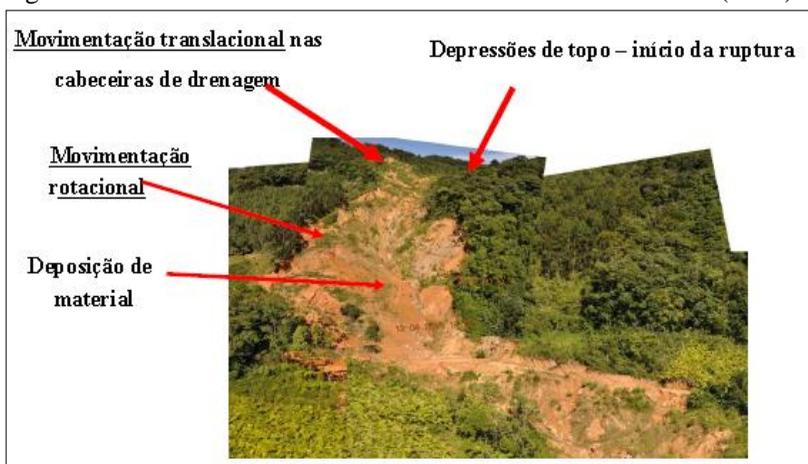
- G.** Movimentos Complexos ou Mistos apresentam a combinação de um ou mais dos principais modos de movimento em diferentes setores do material afetado, ou em diferentes estádios do desenvolvimento do movimento (VARNES, 1978).

Este tipo de movimentos é muito frequente na natureza, pois nesta quase nada é linear. A ocorrência de movimentos de vertente com

vários tipos de mecanismos a intervirem é bastante frequente, decorrendo os movimentos complexos precisamente do cruzamento desses fatores, isto é, à medida que o material se desloca na vertente o mecanismo inicial que lhe deu origem altera-se.

Dikau et. al. (1996) utiliza os termos, complexos ou mistos, para designar situações que congregam mais de um tipo de movimento. O movimento pode começar por uma queda e em seguida transformar-se num fluxo de detritos devido à partitura dos blocos de maiores dimensões que se fragmentam na sua queda e é transportado ao longo da vertente, (Fig.16).

Figura 17 - Movimento de massa misto. Alto Ribeirão Máximo (2008)



Fonte: Foto Elisa Volker.

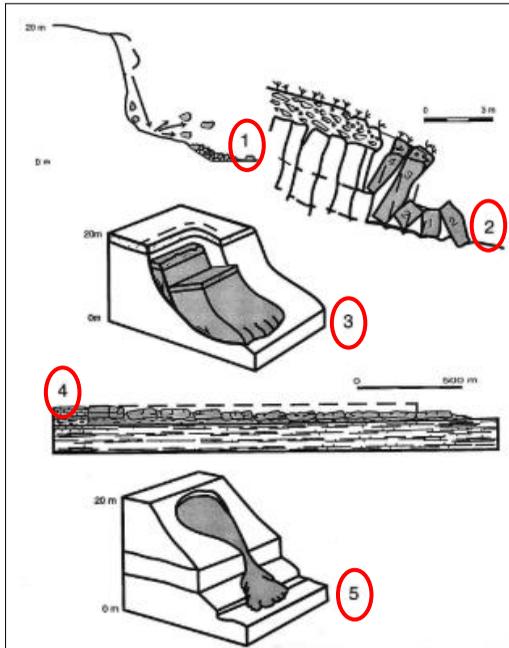
Os movimentos de massa estão ligados à alteração do equilíbrio entre as tensões no interior da massa (CRUZ, 2000). O equilíbrio é controlado principalmente pelo teor de água e pela estrutura interna das argilas, ou seja, pela interação e coesão entre os grãos que formam o solo em questão.

Os movimentos podem ser deflagrados por eventos chuvosos extremos, chuvas prolongadas de intensidade moderada, terremotos, erupções vulcânicas e derretimento de geleiras. Na maior parte dos casos a chuva é o principal agente deflagrador já que aumenta o grau de saturação do solo.

A tipologias dos movimentos rotacionais de massa, também, derivam da diferença do tipo de mecanismo de ruptura e do material

afetado, U.S. GEOLOGICAL SURVEY LANDSLIDE (2013) e WP-WLI, (1993b), (Fig.17).

Figura.18 - Tipos de mecanismos de ruptura



Fonte: U.S. Geological Survey Landslide; WP-WLI, 1993b (adaptado)

- 1- A queda começa com o desprendimento de solo ou rocha de uma poça íngreme ao longo de uma superfície na qual pouco ou nenhum deslocamento de ruptura ocorre. O material, em seguida, desce em grande parte através do ar por queda, saltação ou rolando.
- 2 - Um tombamento é identificado por uma rotação frontal de uma massa de solo ou rocha para fora do talude, em torno de um ponto, ou eixo, abaixo do o de gravidade da massa deslocada. Tombamentos são, às vezes, causados pela gravidade exercida sobre o peso do material na parte superior da massa deslocada. Tombamento podem conter rochas, detritos ou terra. Também podem ser complexos e compostos.
- 3 - Um escorregamento (deslizamento) é um movimento de uma massa de solo ou rocha, em declive, que ocorre sobre

superfícies em ruptura ou sobre zonas relativamente finas com intensa deformação por cisalhamento. O movimento não ocorre, inicialmente, de maneira simultânea, por toda área que vem a se tornar a superfície da ruptura; o volume de material deslocado aumenta a partir de uma área no local da ruptura.

- 4 - Uma extensão de um solo coeso ou maciço combinado com uma subsidência geral da massa de fratura de material coeso em material subjacente mais suave. A superfície de ruptura não é uma superfície de cisalhamento intenso. Os diferenciais podem resultar de liquefação ou de fluxo (e extensão) do material mais macio.
- 5 - Escoamento é um movimento espacialmente contínuo no qual as superfícies de cisalhamento têm vida curta, espaço reduzido entre si e não são preservadas. Os componentes de velocidade na massa que se desloca em um escoamento são semelhantes às de um líquido viscoso. Há, com frequência, uma mudança gradativa de escorregamentos para escoamentos, dependendo da quantidade de água presente, da mobilidade e da evolução do movimento.

Ainda sobre distinguir categorias de deslizamentos em função do material afetado, temos assim os deslizamentos de rocha, os deslizamentos de detritos e/ou deslizamentos de terra (lamacentos).

Os deslizamentos de rocha são típicos de contextos montanhosos, em vertentes com descontinuidades estruturais concordantes com o declive (ZÊZERE, 2000).

Quanto aos deslizamentos de detritos, segundo Carson e Kirby, 1975 apud (Zêzere, 2000), são a forma de instabilidade mais comum nas vertentes naturais. Trata-se de deslizamentos pouco profundos, com planos de ruptura sensivelmente paralelos à superfície topográfica, frequentemente coincidentes com o contato entre os depósitos de vertentes e o substrato rochoso, (COROMINAS,1996; ZÁRUBA e MENCL, 1982; ZÊZERE, 2000).

De acordo com o Programa Geológico de Pesquisa (deslizamentos) dos Estados Unidos, resumidamente, o material em uma massa deslizante é rocha ou solo (ou ambos); o último é descrito como terra, se composto principalmente de partículas granuladas como areia, ou mais finas, e detritos, se composto de partes mais graúdas.

De forma geral, pode-se admitir a tendência de ocorrência de escorregamento rotacional em depósitos muito espessos e de escorregamento translacional em depósitos pouco espessos.

3.10. CONDICIONANTES DOS MOVIMENTOS DE MASSA

Os parâmetros físicos incluem litologia e estrutura, ângulo e morfologia do declive, aspecto da declividade, geologia, geomorfologia, composição e tipos de solo, e uso do solo.

Os condicionantes dos movimentos de massa são aqueles elementos do meio físico ou mesmo do meio biótico que, de alguma forma, contribuem para o desencadeamento do processo. Esses elementos fazem parte da própria dinâmica dos processos naturais, contudo a influência que exercem sobre esses processos pode ser potencializada pela ação antrópica (ARAÚJO, 2004).

Ainda segundo Araújo (2004), os movimentos de massa envolvem uma série contínua de eventos, com causa e efeito que resultam na ruptura de materiais terrestres (solo/rocha), quando as solicitações são maiores que a resistência ao cisalhamento dos materiais.

As causas dos movimentos de massa estão normalmente relacionados com instabilidades em encostas. Normalmente, é possível identificar uma ou mais causas de deslizamento de terra e um gatilho de deslizamento de terra. A diferença entre estes dois conceitos é sutil, mas importante.

As causas dos movimentos de massa são as razões que um deslizamento de terra tenha ocorrido naquele local e naquele tempo. As causas incluem fatores geológicos, os fatores morfológicos, fatores físicos e fatores associados à atividade em si.

Normalmente, é relativamente fácil de determinar o gatilho depois de ter ocorrido o deslizamento (embora geralmente seja muito difícil determinar a natureza exata do deslizamento que provocou antes de um evento de movimento).

Segundo Cruden e Varnes (1996), os fatores que contribuem para os deslizamentos de encostas podem ser listados através de quatro classes de causas: geológicas, morfológicas, físicas e antrópicas.

Os fatores condicionantes tais como a geologia, morfologia, as chuvas bruscas, podem tornar a encosta suscetível ao movimento de massa, tendendo a colocá-la num estado de estabilidade marginal.

Por outro lado, fatores condicionantes, como exemplo, atividades antrópicas, que dão início ao movimento de massa, são agentes que

modificam o talude de um estado de estabilidade marginal para um estado ativamente instável.

3.10.1. Condicionantes Hidrológicos

De acordo com o IPT (1988), a pluviosidade não se constitui propriamente em um condicionante do escorregamento, mas sim no principal agente deflagrador imediato do processo, e utiliza esse parâmetro de forma indireta na obtenção das classes de suscetibilidade. De acordo com esse trabalho, a interferência da chuva acontece de três maneiras:

- 1) os componentes coesão e ângulo de atrito da resistência ao cisalhamento diminuem substancialmente (principalmente coesão);
- 2) quando o material está saturado em água;
- 3) com precipitações intensas e a saturação desses poros pequenos, ocorre diminuição ou desaparecimento da pressão de sucção ou coesão aparente, diminuindo a componente coesão e acarretando um decréscimo no fator de segurança, podendo provocar instabilização da encosta.

Com o umedecimento do solo, mesmo antes de se atingir a saturação, existe um aumento do peso específico deste, que interfere na relação fator de segurança, diminuindo-a, sendo, portanto favorável ao desencadeamento dos movimentos de massa.

Alguns autores estabeleceram a correlação entre chuvas e movimentos de massa matematicamente. O primeiro trabalho nesse sentido no Brasil é o de Guidicini e Iwasa (1976), que tenta estabelecer a correlação entre pluviosidade em meio tropical úmido e os deslizamentos.

Guidicini e Iwasa (1984) observaram que os deslizamentos na região Sudeste do Brasil, onde chuvas resultantes de frentes frias polares, geralmente ocorrem após eventos de intensidade que varia entre 12% e 18% de chuva anual. Se a intensidade ultrapassar 20%, resulta em eventos catastróficos.

O principal mecanismo de instabilização de encostas provocado pelas chuvas é a infiltração da mesma no maciço do talude. São os taludes naturais constituídos de solos residuais tropicais exemplos típicos de material insaturado no estado natural.

Nos períodos que antecedem as estações chuvosas, os taludes naturais encontram-se parcialmente saturados com grau de saturação

variando de no mínimo 40 a 75%, apresentando alta sucção, PEDROSA, M.G.,1994 apud (Prandini et al, 1976).

Nas estações chuvosas a infiltração da água pode causar os seguintes efeitos:

- (a) aumento do grau de saturação;
- (b) redução das tensões de sucção (coesão aparente) do solo;
- (c) aumento do peso específico em ambiente confinado;
- (d) aumento das poro-pressões (poro-pressões de percolação e pressões hidrostáticas);
- (e) erosão interna (“piping”) devido ao processo hidrodinâmico de percolação da água;
- (f) erosões externas devido à escassez de cobertura vegetal.

Mesmo para baixos índices de pluviosidade a infiltração em taludes pode deflagrar movimentos catastróficos, dependendo das condições internas do maciço (grau de saturação, teor de umidade, tipo do solo, topografia, geomorfologia e litologia).

3.10.2. Condicionantes Geomorfológicos

Aqueles fatores de cunho geomorfológicos, muitas vezes chamados de parâmetros topográficos, tratam das relações entre a forma e a hidrologia (superficial e subsuperficial) da encosta, englobando parâmetros tais como: declividade, forma da encosta (tanto em perfil quanto em planta), área de contribuição, orientação das encostas (aspecto), espessura do solo, comprimento da encosta, a simetria dos vales e elevação, FERNANDES, (2001, apud Fernandes e Amaral, 1996).

Dentre todos esses parâmetros, a declividade vem sendo utilizada como o principal, ou mesmo o único parâmetro de caráter topográfico incorporado aos estudos de previsão e definição de áreas instáveis gerando, com frequência, distorções na análise dos deslizamentos. Como consequência dessa interpretação áreas de menor declividade, inicialmente definidas como de baixa susceptibilidade mostram, com frequência, a presença de deslizamentos no campo, principalmente na forma de corridas de massa (GUIMARÃES et.al., 1999A; GUIMARÃES, 2001). Tal fato evidencia que outros fatores condicionantes devem ser também considerados.

Diversas pesquisas buscam caracterizar, condicionantes, chamados fatores topográficos, condicionantes de deslizamentos. As

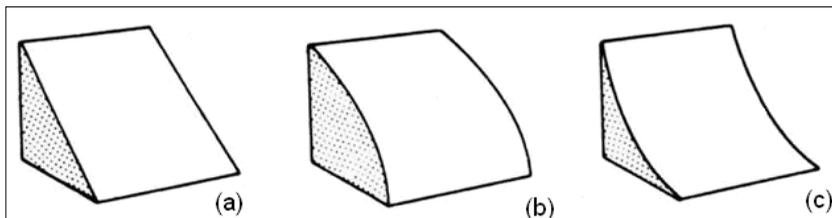
contribuições, mais significativas, pesquisadas para esta tese foram; Larsen e Torres Sanchez, (1998); Dunne, (1970); Fernandes et.al.(2001); Cruz, O. (2000); Augusto Filho (2001); Dias, F.P. (2000).

A declividade fornece a medida de inclinação (em graus ou percentual) do relevo em relação ao plano do horizonte. A velocidade de deslocamento de material e, portanto a capacidade de transporte de massas sólidas e líquidas é diretamente proporcional à declividade. Logo esta variável tem grande importância nos processos geomorfológicos e, sendo ele condicionador de fluxos de água e deslocamento de colúvio. Há relação direta entre erosividade de canais e a declividade. Canais perenes ou temporários localizados próximos às cabeceiras apresentam alta erosividade devido à elevada declividade e ao alto gradiente de energia. Desta maneira, em regiões fortemente dissecadas e alta declividade apresentam condições favoráveis ao escorregamento de massas.

Com relação à forma das vertentes, existem três tipos básicos: as formas côncavas, convexas e retilíneas. Estas formas encontram-se combinadas na natureza formando os demais tipos como observados na figura 18.

O estudo das formas das encostas é considerado importante ferramenta na identificação de locais de possíveis ocorrências de escorregamentos, como é o caso de vertentes que apresentam configuração côncava formam zonas de convergência de fluxo de água e por possuírem material disponível para a mobilização (pois tem maior volume de material depositado como colúvio) são mais favoráveis à ocorrência de deslizamento, (FERNANDES E AMARAL, 1996).

Figura.19 - Tipos de vertentes: (a) retilínea, (b) convexa, (c) côncava



Fonte: Hewitt, 2004

3.10.3. Fatores Antrópicos

A apropriação do relevo pelo homem, como recurso ou suporte em áreas rurais, é responsável por alterações substanciais do seu estado natural, como a implementação de cultivos que ocasionam desmatamento, modificando radicalmente as relações processuais: do domínio da infiltração para o domínio do fluxo por terra.

Segundo Augusto Filho (1995), o homem vem-se constituindo no mais importante agente modificador da dinâmica das encostas.

O avanço das diversas formas de uso e ocupação do solo em áreas naturalmente susceptíveis aos movimentos gravitacionais de massa acelera e amplia os processos de instabilização.

Em áreas metropolitanas os principais agentes potencializadores de movimentos de massa são cortes e/ou execução de aterros nas encostas para construção de casas e ruas; desmatamentos; lançamentos de lixo, concentração de águas pluviais em razão as deficiências e/ou inexistência de um sistema de drenagem superficial, (MINISTÉRIO DA CIDADES, 2007; IPT, 1991).

Outros exemplos incluem inclinação excessiva de encostas, por meio de regressão das bases, e aumento de carga no cume de uma encosta, excedendo a capacidade do solo ou de outro componente material. No entanto, deslizamentos também podem ocorrer em áreas outrora estáveis, devido a atividades humanas como irrigação, irrigação de gramado, drenagem de reservatórios (ou criação desses), (Highland, L.M., and Bobrowsky, P., 2008).

3.10.4. Condicionantes Geológicas

Pode ser razoável esperar que as propriedades dos materiais formadores de inclinação, tais como a resistência e permeabilidade que estão envolvidos na falha, estejam relacionados com a litologia, que, por conseguinte, deverá afetar instabilidade de uma encosta.

De acordo com Varnes (1984) quanto a litologia o substrato rochoso condiciona fortemente a ocorrência de movimentos de vertente, determinando as propriedades de resistência friccional e coesiva.

A litologia inclui a composição mineralógica, textura e outros atributos que influenciam o comportamento físico e químicos das rochas e dos solos. Estes atributos são muito importantes para a determinação da resistência ao corte, permeabilidade, susceptibilidade ao desgaste físico e químico dos solos e dos materiais rochosos que, por sua vez, afetam a estabilidade da vertente.

Ou seja, nas rochas o processo de intemperismo, que provoca alteração nas propriedades do material rochoso (minerais), produz redução nos parâmetros de resistência do maciço e, conseqüentemente, na instabilidade do mesmo (GUIDICINI e NIEBLE, 1984).

Na bibliografia consultada é de senso comum, que fatores geológicos relacionados com a composição físico-química das diferentes litologias, suas propriedades mecânicas, estruturas geológicas e grau de intemperismo são muito importantes na deflagração dos movimentos de massa.

Araújo (2004) cita como causas geológicas para movimentos de massa: materiais pouco resistentes ou sensíveis; materiais alterados; materiais fissurados; orientação desfavorável de descontinuidades (acamamento, xistosidade, falhamento, conformidade) e contraste na permeabilidade ou baixa consistência dos materiais.

3.11. COLÚVIOS

De acordo com Rodriguez (2005) considerando colúvio como um tipo de solo, é necessário, primeiramente, definir solo antes de definir colúvio. Os solos são produto do intemperismo das rochas quando estas atingem a superfície terrestre e ficam expostas aos denominados agentes de intemperismo (vento, água, etc). O intemperismo pode ser dividido em três tipos: físico, químico e biológico.

Para esta pesquisa de tese as duas principais formas de intemperismo é o físico e o químico. Onde o intemperismo físico é o processo de desagregação no sentido de redução de tamanho dos grãos sem alteração química, principalmente por meio de agentes físicos como a água e a gravidade.

O intemperismo químico difere do físico por envolver a decomposição do material através de reações como hidrólises e eletrólises, que modificam os minerais componentes das rochas de origem. O principal agente do intemperismo químico é a água.

Segundo Mshana et al.(1993), em função do arranjo dos fatores e dos tipos de intemperismo envolvidos nas diversas fases de transformação da rocha de origem, há a formação dos diferentes solos sobre a superfície terrestre, PORTO,C.G, (2000).

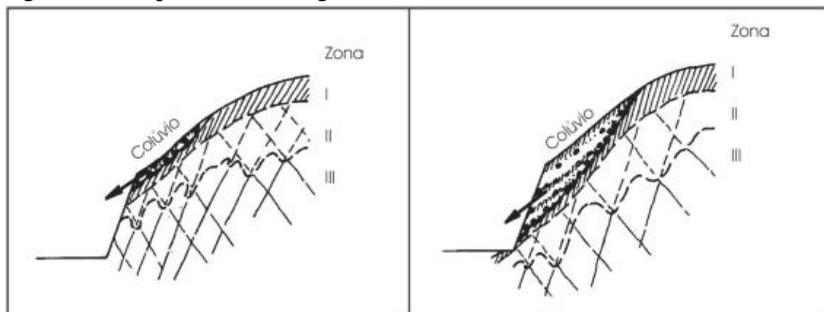
Para a Geologia, o colúvio ou coluvião é formado por solo ou fragmentos rochosos transportados ao longo das encostas de morros devido à ação combinada da gravidade e da água, possuindo características diferentes das rochas subjacentes e sendo, em geral, mal selecionados e mal classificados.

Em uma outra definição, estabelecida por GUERRA (1987), colúvio ou coluvião corresponde ao material transportado, principalmente, por efeito da gravidade, aparecendo em sopés de vertentes ou em lugares pouco afastados dos declives que estão acima deles.

Os colúvios são diferenciados dos alúvios ou aluviões que são materiais erodidos, retrabalhados, transportados por rios (Guerra, 1987) e depositados nos seus leitos e margens ou ainda nos fundos e margens de lagoas e lagos.

Deere & Patton (1971) apontam dois tipos de escorregamentos comuns em colúvios (Figura 19) escorregamento em colúvio raso exposto por corte e escorregamento em profundidade em colúvio assente sobre solo residual.

Figura.20 - Tipos de escorregamento em colúvio.



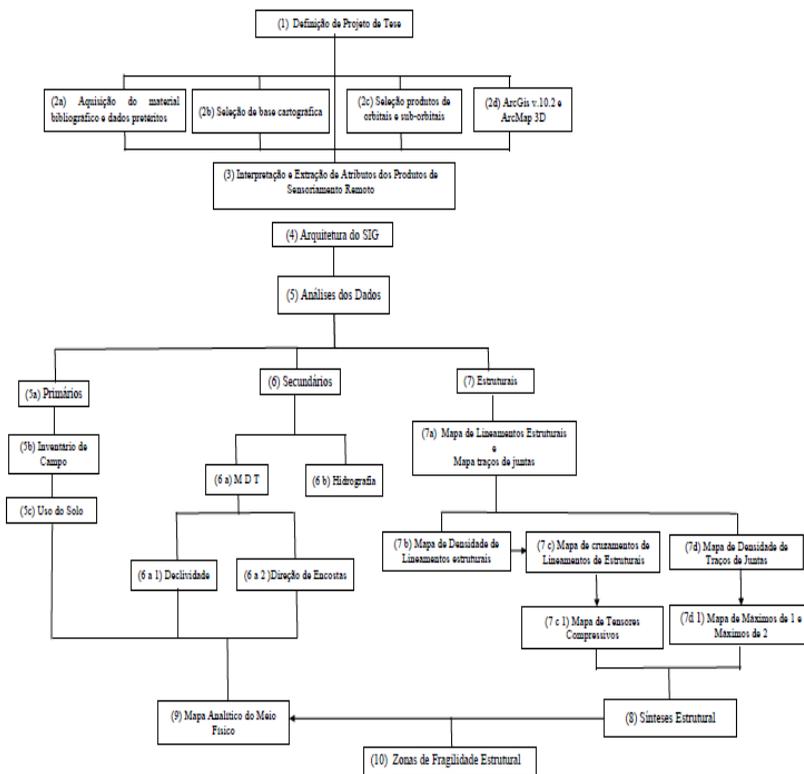
Fonte: Deere & Patton (1971)

Os colúvios são formados pelo movimento e deposição de partículas pela gravidade, embora possa haver agentes de transporte secundários como o vento e a água. A formação de massas coluvionares deve-se a movimentos que ocorreram à montante, nas camadas mais alteradas e superficiais, em que essas massas acumularam-se em paleo-superfícies de forma convexa ou aproximadamente retilíneas, apresentando espessuras e formas variáveis, RODRIGUES(1992); TURNER (1996);

CAPÍTULO IV - MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos metodológicos adotados e os materiais utilizados para esta pesquisa estão descritos no fluxograma, apresentado na figura 20.

Figura 21 - Diagrama de fluxo da pesquisa



1- Definição da pesquisa da tese (1)

A definição pesquisa foi dada pela importância da área de estudo quanto ao seu comportamento estrutural diante dos eventos pluviométricos extremos em 2008 e, suas consequências, como os movimentos de massa. A proposição de identificar as áreas de fragilidade estrutural nas microbacias dos Ribeirões Braço Serafim e Máximo e, que a mesma possa ser replicada em áreas similares, a baixo custo e de forma eficiente. Isto levou a estruturação da tese como uma

contribuição para a tomada de medidas preventivas essencialmente para os gestores.

2a. Aquisição de Material Bibliográfico e Dados Pretéritos

Os materiais utilizados foram adquiridos em bibliotecas, teses de doutorado e mestrado relacionados com todos os aspectos abordados na pesquisa. Outras bibliografias foram conseguidas via internet em repositórios e banco de teses de Universidades como a UFSC-SC, UNESP-SP, USP-SP, UDESC-SC, UFRGS-RS e UFPRJ-RJ, entre outras. Foram consultados artigos científicos em bases de dados da Springer Link, Scielo, Wiley Online Library, CAPES, entre outros. Foram realizadas pesquisas sobre métodos e modelos de mapeamento de movimentos de massa, métodos de fotointerpretação de feições associadas a processos do meio físico, utilização de ferramentas de geotecnologia e a estruturação de base de dados. Os mapeamentos desta pesquisa envolveram a compilação e geração de dados primários analíticos e temáticos a partir da sistematização e organização de dados espaciais, altimétricos, análise e sobreposição dos dados.

2 b. Seleção das Bases Cartográficas

A área de estudo é composta por quatro mapas topográficos, ano 2004 (IBGE) Folhas: Blumenau SG-22-Z-B-IV-4, Gaspar SG-22-Z-B-V-3, Pomerode SG-22-Z-B-IV-2 e Luís Alves SG-22-Z-B-V-1, escala 1:50.000. De onde foram introduzidas no software ArcGis v.10. A partir destas fez-se a delimitação das sub-bacias dos Ribeirões Braço Serafim e Máximo, formando uma nova base compilada e adequada para a pesquisa.

2.c. - Seleção dos Produtos Orbitais e Sub-orbitais

Nesta etapa foram selecionadas as imagens de satélite e fotografias aéreas que cobrissem a área de estudos. As imagens utilizadas para a extração dos atributos foram cedidas pelo Laboratório de Geologia do Departamento de Geografia(UFSC), sendo as seguintes imagens:

- LANDSAT TM 5 (WRS 220-079 passagem de 01/02/2008 com 30m de resolução espacial, RGB 4,3,1 associada às bandas RGB 3,2,1 do satélite ASTER.
- Fotografias aéreas, escala 1:45.000 infravermelhas do ano 1978 como apoios na extração dos lineamentos estruturais.

- Ortofotocartas do aerolevanteamento do Estado de Santa Catarina no ano de 2011.
- Fotos oblíquas³ com tomadas aéreas de helicóptero durante os meses dezembro de 2008, janeiro e abril de 2009.

2.d. Programas utilizados para Análises do Meio Físico e Mapeamentos

Os programas empregados na elaboração desta pesquisa dentro do contexto analítico e na elaboração dos dados cartográficos foram o ArcGis 10 da Autodesk (2010), utilizado na vetorização de dados o ArcMap 10, e utilizado no georreferenciamento dos dados, na manipulação das imagens de satélite (contraste e segmentação) e implementação de banco de dados geográficos.

3. Interpretação e Extração de Atributos dos Produtos de Sensoriamento Remoto

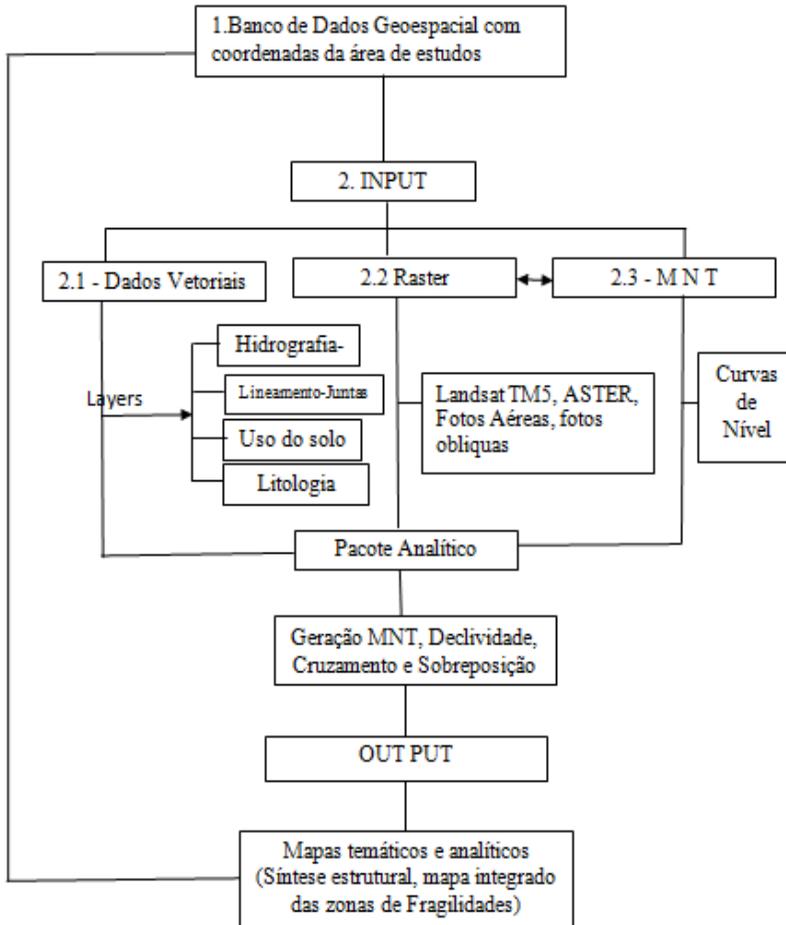
Na presente pesquisa foram usadas imagens de satélite Landsat TM5 e o mapa hidrográfico. Optou se pela utilização do método sistemático de fotointerpretação inicialmente estabelecido por Guy (1966), adequado para as condições brasileiras por Rivereau (1972) e Soares e Fiori (1976), adaptado para imagens de satélite por Veneziani e Anjos (1982).

4. Arquitetura do SIG – ARQ GIS 10.

A estruturação dos dados no Sistema de Informações Geográficas está apresentada na figura 21 apresentando suas etapas de entrada de dados, manipulação, formatos, análises e saídas gráficas.

³ Fotos oblíquas feitas durante voos de helicópteros de autoria e cedência prof. Joel Robert Georges Marcel Pellérin

Figura 22 - Arquitetura do SIG



5. Análise dos Dados

Etapa da pesquisa onde os levantamentos primários, secundários deram origem a novos dados apresentam as estruturas do meio físico e permitiu compartimentar as microbacias em áreas de classes de fragilidade.

5.a – Dados Primários

Trata-se dos levantamentos de campo gerados para esta pesquisa, como o inventário de movimentos de massa e o uso do solo na área estudo.

5.b - Inventário de Campo

As atividades foram divididas em duas etapas, inicialmente, o levantamento nos órgãos públicos, Prefeitura Municipal de Luís Alves, EPAGRI, Defesa Civil entre outros para identificar os dados referentes ao desastre de 2008 no município. A segunda etapa deu-se a campanha de campo propriamente dita, que constou no levantamento do meio físico da área de estudos, tais como, os aspectos geológicos, geomorfológicos, litológicos, estruturais, uso e ocupação do solo, e levantamento dos dados das cicatrizes dos deslizamentos e identificação das mesmas. Esta etapa foi apoiada pelos produtos de sensores remotos imagens Landsat TM-5, e fotografias aéreas em escala 1:40.000. O inventário dos deslizamentos foi elaborado também com o apoio de bases cartográficas no sistema de coordenadas geográficas Datum Horizontal SIRGAS 2000.

A elaboração de mapas de inventário de movimento de massa é um passo inicial na avaliação da região riscos de deslizamento de terra, apesar de um mapa de inventário não necessariamente indicar a frequência de atividade deslizamento de terra ou o tipo específico de deslizamento de terra relativos a velocidade ou tamanho, ele pode mostrar onde deslizamentos teriam ocorrido no passado, e onde conseqüentemente ocorreram no futuro, sob condições climáticas similares, GLADE, et.al., (2005).

As campanhas de campo realizadas nos anos de 2012 e 2013 respectivamente, foram feitos perfis e coletas de solos junto as cabeceiras dos deslizamentos, com auxílio do GPS foram tomadas as posições de latitude e longitude, criando assim, uma base alfanumérica, dentro do SIG, que espacializadas indicaram-nas pontualmente os movimentos de massa, (Figura 22). Com o apoio das imagens orbitais georreferenciadas, delimitou-se os polígonos, pois as cicatrizes eram visíveis nas imagens e serviram de bases para o mapeamento denominado *Mapa de Inventário* que está apresentado no Apêndice 01. O qual apresenta uma avaliação da distribuição espacial, bem como a forma, extensão, tamanho, e estado de atividade dos movimentos de massa.

Quanto as amostras de rochas, estas foram avaliadas em microscopia no laboratório de Geologia. Foi feito um acervo de fotografias dos deslizamentos. Para as análises em campo foram utilizados também todos os equipamentos básicos de campo, tais como martelo de geólogo, marreta, bússola, GPS-Garmin, caderneta de campo, máquina fotográfica, lupas e mapas. Os dados levantados em campo foram organizados sistematicamente e introduzidos no banco de dados no ArcGIS v 10.

Figura 23 - Pontos dos movimentos de massa percorridos na área de estudos, ocorrência de 71 deslizamentos.

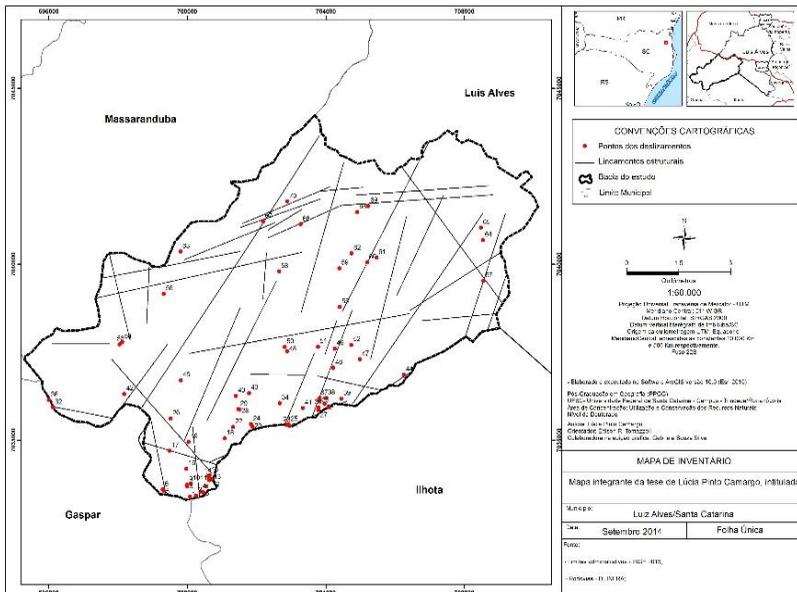


Figura.24 - Extenso deslizamento solo-rocha, relevo montanhoso e alta declividade, usos do solo como reflorestamento e pastagem. Braço Serafim, Luís Alves.



Fonte: Foto autora, 2013

5. c- Uso do Solo

Os Estudos de como o solo vem sendo ocupado nas microbacias em questão serviram como parâmetro analítico para ser sobreposto com os mapas estruturais. As imagens orbitais do satélite Landsat TM -5 e do satélite Aster foram processadas digitalmente utilizando técnicas de PDI – Processamento Digital de Imagens no software ArcGis v.10. As técnicas de classificação Supervisionada - Maximum Likelihood, através dos módulos Spatial Analyst Tools > Multivariate > Create Signatures foram extraídas as seguintes classes temáticas: Mata, Eucaliptos, Pinus, Área Urbana, Pastagens, Cultivos e Contexto Aquático. A partir deste processamento foi feita a confirmação da verdade terrestre, após os ajustes e, foi gerada a carta de uso do solo a qual encontra-se no Apêndice 02.

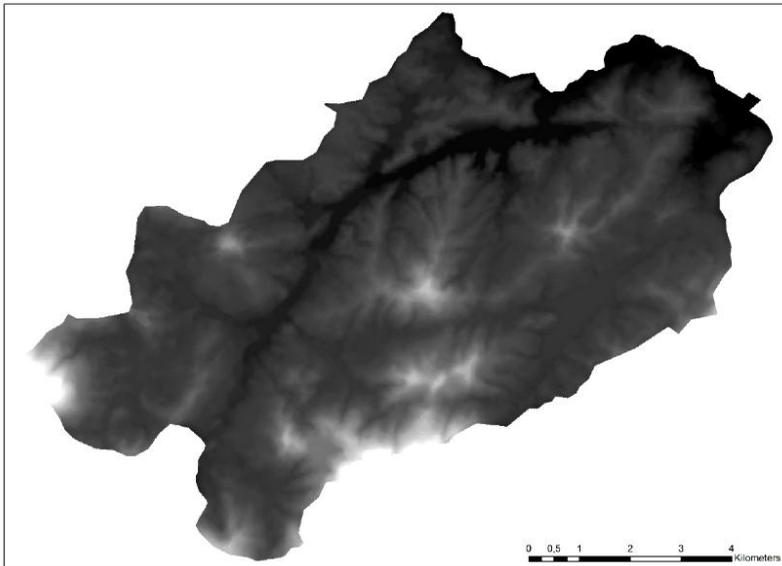
6. Dados secundários

Um dos dados secundários utilizados foram as curvas de nível extraídas das folhas topográficas o IBGE, que permitiram a geração de Modelos Numéricos de Terreno e do mapeamento de declividade.

6.a – Modelo Digital de Terreno

Após a aquisição e seleção dos produtos cartográficos os mesmos foram scaneados, digitalizados e tratados com o auxílio do software ArcGis 10. Posteriormente se fez a modelagem numérica do terreno (Figura 24).

Figura 25 - Imagem Sintética do MDT– gerada a partir da altimetria



Este foi elaborado a partir da criação de uma grade triangular do terreno (TIN) através da interpolação do plano da altimetria (curvas de nível e cotas altimétricas). Para isso foi utilizada a ferramenta 3D *Analysis* do programa Arc Map. O MDT é uma representação matemática computacional da distribuição de um fenômeno espacial que ocorre dentro de uma região da superfície terrestre (FELGUEIRAS, 2004). Os MDTs são de grande utilidade para as ciências da terra e áreas afins, pois a partir da modelagem são realizadas análises e interpretações de diversos elementos que compõem o meio físico, como elementos de

relevo (tipo de encosta, declividade, dissecação), padrões e arranjos estruturais e de drenagem, morfométricos e morfológicos, entre outros.

O MDT foi gerado através do software ArcGis 10, extensão Spatial Analyst, módulo Topo to Raster, onde foram inseridos os arquivos digitais de curvas de nível (equidistância de 50m), pontos cotados e a rede de drenagem, cada um desses arquivos com seus referentes valores de elevação, exceto a drenagem. O módulo Topo to Raster foi escolhido a técnica de interpolação por diferenças finitas, em que combina a eficiência de uma interpolação local, por exemplo, o método do inverso do quadrado da distância, com métodos de interpolação global que utilizam uma superfície de continuidade, como o interpolador Kriging, (Mccoy e Johnston, 2002).

6.a1- Mapeamento da Declividade

A partir do Modelo Numérico de Terreno foi gerado o *Mapa de Declividade* da área de estudo, foram estabelecidas oito classes: plano – 0 a 3°; suave a ondulado -3° a 8°; ondulado - 8° a 20°; forte ondulado - 20° a 45°; montanhoso $\leq 45^\circ$. Estas classes foram determinadas seguindo a metodologia descrita pelo IBGE, 2003, este mapeamento está apresentado no Apêndice 03.

6.a.b – Orientação de Encosta

O mapeamento de *Orientação de Encosta* (Apêndice 04) foi feito com base no Modelo Digital de Terreno (MDT), com resolução espacial de 10 m, elaborado no software ArcGis 10.0 através da ferramenta *Aspect* consiste na orientação das faces das vertentes das bacias em estudo. Esta ferramenta divide 360° por 8, correspondendo aos pontos cardeais e colaterais. Assim, foram utilizadas as seguintes classes: N (337,5-22,5), NE (22,5-67,5), E (67,5-112,5), SE (112,5-157,5), S (157,5-202,5), SW(202,5-247,5), W (247,5-292,5) e NW (292,5-37,5).

6.b - Mapa Litológico

O *Mapa Litológico* foi elaborado a partir do mapa geológico realizado por HARTMANN (1981) em escala 1: 50.000 e modificado para esta pesquisa por meio de ampliações e delimitações da área de estudo associadas às fotointerpretações e validadas nas atividades de campo.

No mapeamento foram caracterizados os litotipos predominantes dos maciços rochosos, especialmente a cobertura de Gnaisses, conforme esta apresentado no Apêndice 05.

7. Análise das Estruturas Deformacionais

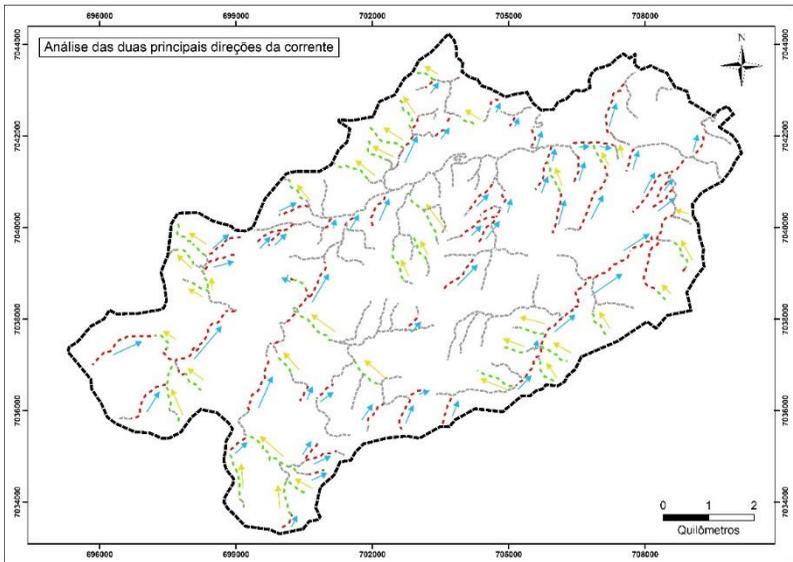
7.a.1 - Lineamentos Estruturais

As informações do meio físico da área de estudos foram analisadas sob a ótica da geologia estrutural através das feições deformacionais rúpteis representadas pelos lineamentos estruturais e seus derivados, JIMÉNEZ-RUEDA, et. al.,1993; JIMÉNEZ-RUEDA, et. al., 2006; FERNANDES, (2001); PUPIM et. all,(2007). Os lineamentos estruturais são feições que representam descontinuidades penetrativas na crosta terrestre e que podem ser interpretados como falhamentos quando possuem movimentos relativos aparentes (falhas normais, inversas, reversas, transcorrentes e/ou direcionais) ou como discordâncias formacionais e/ou deformacionais. Nesta pesquisa os lineamentos foram extraídos das imagens do LANDSAT TM5 e das fotografias aéreas de 1978. Os lineamentos mais representativos da área de estudo estão demonstrados no Apêndice 06.

7.a.2 – Traços de Juntas

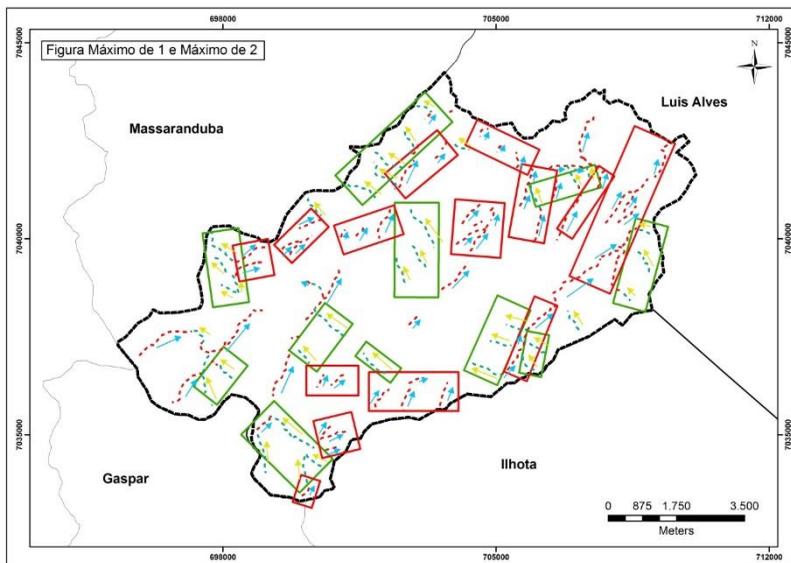
Loczy e Ladeira (1976) definem juntas ou diáclases como planos ou superfícies de fraturas, que dividem as rochas e ao longo dos quais não ocorreu deslocamento das paredes rochosas paralelamente aos planos de fratura, ou se o deslocamento ocorreu foi mínimo e não visível. Na análise do fraturamento, o mapa de hidrografia permitiu estudar as estruturas da drenagem e o relevo. As feições lineares de drenagem denominadas de traços de junta, permitiu estabelecer e classificar zonas com diferentes graus de tectonismo, cisalhamento e ruptibilidade das rochas que compõe as microbacias do Serafim e Máximo. O procedimento foi identificar os rios de primeira e segunda ordem. Definir as duas principais direções da corrente e identificar as áreas espaciais que mudam abruptamente de direção conforme apresenta na figura 25.

Figura.26 - Traços de juntas



Após a extração dos fraturamentos (juntas e lineamentos estruturais), foram obtidas cartas derivadas tanto dos lineamentos estruturais como dos traços de juntas, figura 25

Figura.27 – Maximo 1 e Maximo 2



7.b – Mapa de densidade de Lineamentos

O *Mapa de Densidade de Lineamentos Estruturais* (Apêndice 07) é derivado do Mapa de Lineamentos Estruturais foi elaborado utilizando o estimador por Kernel no programa ArcGis 10.0 sendo a ferramenta denominada ArcToolbox - Spatial Analyst Tools - Density -Kernel Density; onde foi inserido shape de lineamentos, a geração da célula de saída é de 50 por 50 metros e um raio de busca de 34,2 km.

7.c – Cruzamentos de Lineamentos Estruturais

Os cruzamentos de lineamentos identificados como estruturas lineares que se cruzam numa angulosidade de mais ou menos 60 graus, foram identificados e mapeados e estão apresentados no Apêndice 08.

7.c.1 – Tensores Compressivos Sigma 1($\sigma 1$)

A deformação em corpos rochosos ocorre em função da orientação dos eixos de tensão (STRESS), estes são chamados de sigma 1, 2 e 3 ($\sigma 1$, $\sigma 2$ e $\sigma 3$). Convencionou-se em análise estrutural que sigma 1 ($\sigma 1$) é o tensor compressivo. O sigma 3 ($\sigma 3$) é distensivo e o sigma 2 ($\sigma 2$) pode atuar tanto como compressivo como distensivo. Rodrigues, 2000. Na presente pesquisa foi utilizado o tensor sigma 1 ($\sigma 1$) por identificar os altos e baixos estruturais da área de estudo. Estas

zonas de tensão estão apresentadas no mapa tensores compressivos no Apêndice 10.

7.d – Densidade de Traços de Juntas

A densidade de traços de juntas é derivada da carta de análise das feições da drenagem. Foi elaborada utilizando o estimador por Kernel no programa ArcGis 10.0 sendo a ferramenta denominada ArcToolbox - Spatial Analyst Tools - Density -Kernel Density; onde foi inserido shape de traços de juntas. A célula de saída é de 40 por 40 metros e um raio de busca de 33 km. Está apresentado no Apêndice 09

7.d.1- Máximos 1 de Máximos 2

O mapa das zonas de variação de máximos 1 e 2 é derivado do mapa de traços de juntas. O mapa de zonas de variação de máximos 1 e 2 determina as zonas mais fraturadas, portanto, mais instáveis. Para a confecção desse mapa, fixou-se a escala em 1:60.000, no programa ArcGIS v.10, após isso, moveu-se o mapa e determinou-se as duas direções preferenciais dos traços de juntas. O produto desta sequência caracteriza-se como mapa de máximos 1 e 2. Este mapeamento está apresentado no Apêndice 11.

8. Síntese Estrutural

O mapa analítico denominado “Síntese Estrutural” é derivado dos mapeamentos temáticos de lineamentos e traço de juntas os quais foram analisados e extraídos os tensores compressivos Sigma 1 ($\sigma 1$) e a ZVM 1 e 2 (Zona de Variação de Máximo de 1 e 2) - ver Apêndice 12.

9. Mapas Analíticos do Meio Físico

Os mapas considerados analíticos foram originários dos dados primários e secundários, tais como, inventário de movimento de massa, uso do solo, Modelo Digital de Terreno, Declividade, Direção de encostas, litotipos predominantes e hidrografia.

10. Zonas de Fragilidade Estrutural

A partir das densidades de lineamentos, da síntese estrutural e das análises dos tensores compressivos sigma 1 ($\sigma 1$) - foram identificadas e mapeadas no SIG (ARC GIS versão 10.0) as classes de fragilidade estrutural da área de estudo e estão apresentadas no Apêndice 16.

Quanto mais alto o índice de fragilidade estrutural, mais alta é a suscetibilidade a deslizamentos. As zonas de fragilidade estrutural mais

altas correspondem às áreas onde a rocha apresenta um maior grau de faturamento, com maior propensão ao intemperismo e, portanto, potencialmente com maior espessura de solo o que implica num suscetibilidade mais elevada a deslizamentos. Essas análises foram empregadas em modelos semelhantes, início da década de 80, devido ao crescimento das pesquisas em sensoriamento remoto no Brasil, ocorreram dois projetos sistemáticos que objetivaram, a partir das técnicas de fotointerpretação, identificar anomalias morfoestruturais para a prospecção de hidrocarbonetos na região do planalto Ocidental Paulista, porção leste da Bacia do Paraná. Esses projetos foram desenvolvidos por INPE/IPT em 1982 e INPE/PAULIPETRO em 1982 e culminou na sistematização da “análise morfoestrutural”, mais tarde publicada por Soares et al. (1981 e 1982). Posteriormente, a análise morfoestrutural foi aplicada a diferentes finalidades, a exemplo da prospecção de águas subterrâneas em regiões cristalinas (MADRUCCI et al., 2003); análises ambientais, tais como: controle de aplicação de vinhoto na produção sucro-alcooleira (JIMÉNEZ-RUEDA et al., 1989); planejamento territorial (JIMÉNEZ-RUEDA et al., 1993); definição do traçado de obras lineares (OHARA et al., 2003).

Pupim (2007), desenvolveu um estudo sobre o potencial natural de erodibilidade através da sistemática morfoestrutural e morfotectônica aplicada a obras lineares – dutovias.

11. Validação do Modelo

Alguns trabalhos tem abordado a questão da validação mapa (Carrara, 1983; Mulder, 1991; Carrara et al., 1991; Van Westen, 1993; Carrara et al., 1995; González-Díez, 1995; Chung et al., 1995; Remondo et al., 1996; Chung Fabbri, 1998, 1999; e Remondo, 2001).

É normalmente assumido que deslizamentos de terra futuros irão ocorrer nos mesmos lugares como movimentos na área de estudo existente. Se o coincidem mapas de susceptibilidade obtido razoavelmente bem com os segundos são considerados como satisfatórios. No entanto, este não é uma validação de valor preditivo, mas de "taxa de sucesso". A validação pode ser melhor realizada utilizando uma população independente escorregamento do utilizado para construir o mapa (Chung *et al.*, 1995).

Validação implica comparação entre o mapa (modelo) obtido e o independente conjunto de dados. Esta comparação pode ser qualitativa - por exemplo visualmente por sobreposição simples - ou quantitativa, expressa por meio de diferentes índices como área de classe afetada por deslizamentos de terra / área de classe, que foi o aplicado nesta pesquisa,

ou seja, a partir do cruzamento do mapa de cicatrizes com o mapa de índices de fragilidade estrutural .

O modelo gerado no ítem 10, pág.88 e no (Apêndice 16) mostra zonas de fragilidade estrutural alta, médias e baixas que, teoricamente, correspondem, respectivamente a zonas de suscetibilidade a deslizamentos altas, médias e baixas. Para avaliar a utilidade desse mapa como modelo preditivo a deslizamentos futuros, é necessário proceder a validação do modelo. Como as classes do mapa de índices de fragilidade estrutural foram definidas a partir de lineamentos visualizados no MDT, sem a utilização das cicatrizes inventariadas (Apêndice1), essas últimas podem ser utilizadas para validação do modelo. A validação foi realizada, portanto, a partir do cruzamento do mapa de cicatrizes (Apêndice1) com o mapa de índices de fragilidade estrutural (Apêndice 16) em ambiente de SIG. Com esse cruzamento, foram calculadas as áreas expressas na Tabela 5.

Tabela 3 - Índice de Fragilidade Estrutural versus percentagem de deslizamentos

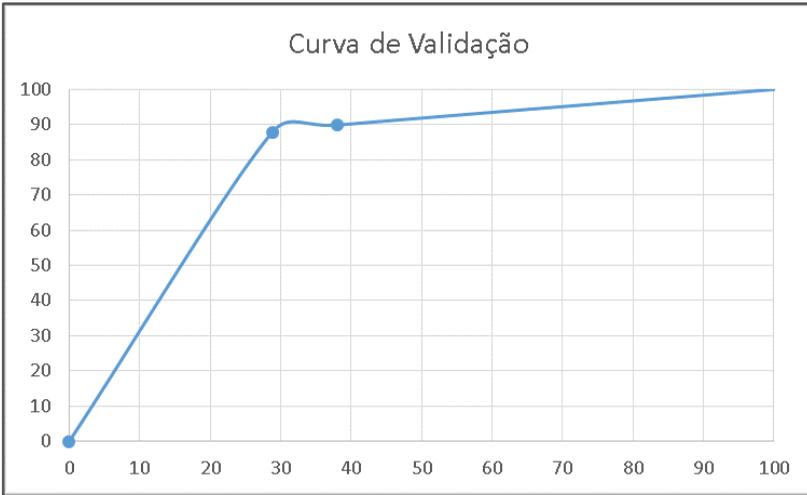
	Área (km ²)	Área (%)	Área (% acum).	Área cicatrizes (km ²)	Área cicatrizes (%)	Área cicatrizes (% acum).	(%) da área das Cicatrizes/área da classe
			0			0	
Fragilidade alta	23.54	28.82	28.82	2.66	87.83	87.83	14.32
Fragilidade média	7.50	9.18	37.99	0.06	2.03	89.86	1.04
Fragilidade baixa	50.66	62.01	100	0.31	10.14	100	0.77
TOTAL	81.70	100		3.02	100		

Nessa tabela, observa-se que as áreas de fragilidade alta incluem 87,83% das cicatrizes mapeadas, embora constituam apenas 28,82% da área total. Nessa classe, a área das cicatrizes representa 14,32% da área da classe. Já as áreas de fragilidade baixa incluem apenas 10,14% das cicatrizes mapeadas, embora constituam extensos 62,01% da área total. Aí a área das cicatrizes representa apenas 0,77% da área da classe. Via de regra, a validação de mapas de suscetibilidade é feita por curvas de validação. Esse procedimento está bem descrito em Chang e Fabri (2003) e Remondo et al (2003).

Na Figura 25 é apresentada a curva de validação para o modelo proposto, construída com os dados das colunas em vermelho da Tabela 5, onde o eixo de Y corresponde a porcentagem das cicatrizes e o eixo X a porcentagem da área de estudos.

Observa-se que o modelo mostrou uma boa validação com as cicatrizes, uma vez que 87,83% da área das cicatrizes em 28,82% da área total, correspondente às áreas de fragilidade estrutural mais alta ou maior suscetibilidade.

Figura 28 – Curva de validação do modelo com as cicatrizes mapeadas.



CAPÍTULO V - RESULTADOS E DISCUSSÕES

A pesquisa realizada apresenta a espacialização das microbacias do Braço Serafim e Máximo sob a forma de mapeamentos temáticos integrados. A estrutura geológica é um fator condicionante dos movimentos de massa e processos erosivos Moura, Mattos e Rueda, (2012), sendo que estes processos estão vinculados a estrutura da rocha e de sua tectônica, representadas aqui pelos fraturamentos, os quais foram determinantes na identificação dos planos de descontinuidades, por meio dos estudos dos lineamentos estruturais e dos traços de juntas, onde ocorrem a circulação e infiltração das águas. Os lineamentos mais proeminentes ocorrem nas microbacias no sentido NW e NE conforme esta elucidado no *Mapa de Orientação de Encostas* no Apêndice – 04. Estes lineamentos são bem definidos com orientação NE e estão estruturados especialmente em rochas gnaisses do Complexo Luís Alves, os quais são predominantes na área de estudo e estão espacializados no *Mapa de Litotipos Predominantes* - Apêndice 05. As direções de encostas aqui apresentadas estão coincidentes com os trabalhos de Hartmann et al., (1979), que afirma que, neste complexo ocorrem numerosas falhas e zonas de cisalhamento, com destaque para o lineamento ou zona de cisalhamento Perimbó, com direção N55°E, que coloca as rochas desse complexo em contato com as dos grupos Brusque e Itajaí. Ocorrem também falhas e zonas de cisalhamento segundo as direções gerais N80°E, N20°E e N30°W. Essas estruturas condicionam a formação de vales fluviais profundos e retilíneos, muitas vezes preenchidos por depósitos aluvionares, apresentando encostas com alta declividade, onde ocorreram grandes movimentos de massa (Figura 23). A orientação de encostas assume um papel importante pois se trata de uma variável que regula a fragilidade estrutural a medida que controla decisivamente o teor de umidade do solo.

Figura 29 - Extenso deslizamento rotacional, material rocha-solo. Uso do solo pastagem e reflorestamento em relevo montanhoso. Já se observa capoeirinha em estágio inicial de sucessão vegetal.



Fonte: Foto autora. Braço Serafim, (2013)

O relevo está representado no Mapa de Declividade no Apêndice 03 com cinco classes de relevo denominadas:

Plano 0 a 3 °;

Suave ondulado 3 a 8°;

Ondulado 8 a 20 °;

Forte Ondulado 20 a 45 °

Montanhoso $\geq 45^\circ$

Esta pesquisa retrata em especial os altos estruturais das microbacias do Braço Serafim e Máximo, tiveram destaque as análises dos seguintes relevos Ondulado, Forte Ondulado e Montanhoso. O Mapa Integrado do Meio Físico que envolve a síntese estrutural, o inventário de movimento de massa e a declividade – ver Apêndice 09, indica que nas áreas de ocorrência de alta fragilidade (Apêndice 16) o relevo predominantemente é de ondulado a montanhoso, com alto índice de ocorrência de cicatrizes de deslizamentos, correspondendo a 49% do

total da área.

Figura 30 - Relevo da área de Estudo (2012)



Fonte: Deslizamento rotacional em meia encosta, alta declividade, em área de plantação de banana, . Foto Autora, 2013

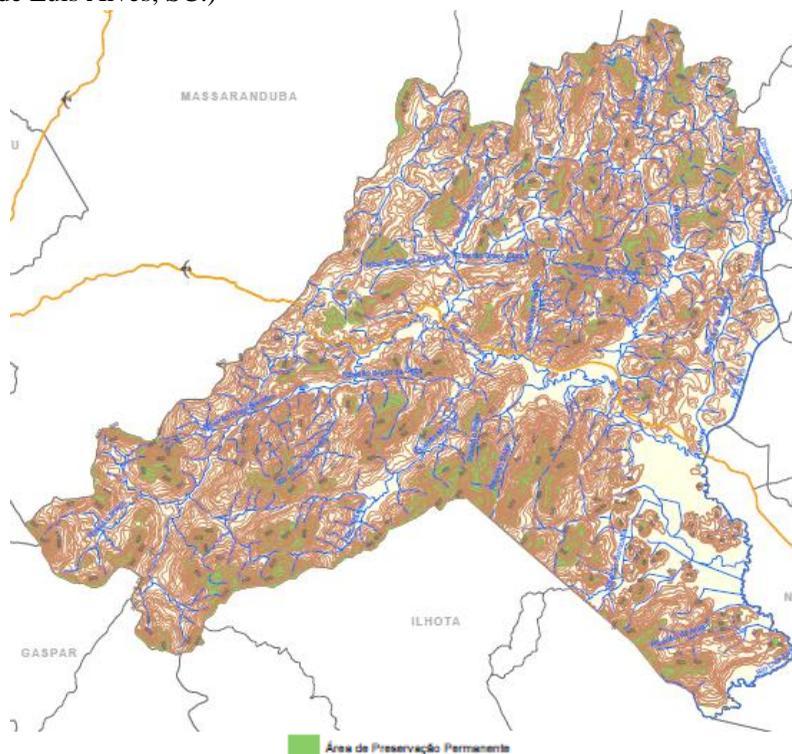
As formas de relevo possuem seus usos e recursos, os usos da cobertura do solo está apresentado no Mapa de Uso do Solo (Apêndice 02) e suas respectivas classes são as seguintes, tabela 04.

Tabela 4 - Percentuais de uso do solo nas Microbacias do Braço Serafim e Máximo

Classes de Uso do Solo	Classes (%)
Mata	72,02%
Eucalipto	3,32%
Pinus	0,94%
Pastagem	17,21%
Banana	2,68%
Palmito	0,48%
Solo Exposto	2,36%
Área Urbana	0,04%
Outros cultivos	0,96%
Água	0,017%

As áreas consideradas de Alta e Média fragilidade estão ocupadas por Mata seguido Pastagens e Cultivos com destaque para bananas, observando o Mapa de Uso do Solo associado ao Mapa de Síntese Estrutural - Apêndice 10, destacam-se os fatores antrópicos por meio dos cultivos encontram-se em áreas sujeitas a novos movimentos de massa, pois são áreas nas quais foram registradas cicatrizes porém continuam como áreas instáveis. Outro fator importante a ser registrado são que as áreas de média e altas fragilidades estão protegidas por Lei, Código Florestal Brasileiro (Lei 4.771/65). Segundo o mapeamento de Unidades de Conservação realizado por Cidades Planos e Consultoria, ano 2007 solicitado pela Prefeitura Municipal de Luís Alves. No município existem 27 Áreas de Preservação Permanente (APPs) – ver figura 25. Parte destas unidades encontram-se nas declividades de relevo de forte ondulado a montanhosos em áreas fortemente fraturadas. O fator relevante é que as formas de uso do solo apresentam conflitos pela discordância com a legislação vigente, ou seja, áreas de cultivo em APPs dentro de áreas de alta a média fragilidade (Figura 26).

Figura 31 - APPs Topos de morro (Plano Diretor Prefeitura Municipal de Luís Alves, SC.)



Fonte: Prefeitura Municipal de Luís Alves, SC

Figura. 32 - Cabeceira de drenagem com plantação de banana (área de APP em alta fragilidade) e reflorestamento de Pinus Eliotes. Ribeirão Máximo



Fonte: Foto Maria Paula Casagrande Marimon, 2007

Na carta de densidade de lineamentos estruturais e traços de juntas - Apêndices 7 e 9 pôde-se observar que a concentração dos traços de juntas bem como, dos lineamentos estruturais encontram-se distribuídas nas diferentes posições geográficas da área de estudo especialmente, nas áreas Norte, Nordeste e Sudoeste. A distribuição homogênea das zonas de cisalhamento condicionam fortemente os padrões de drenagem da área de estudo. A densidade de cruzamentos de lineamentos e traços de juntas evidenciaram as zonas de maior intensidade deformacional provocada por eventos cataclástico, caracterizando como áreas mais tectonizadas, com maior rompimento, maior cisalhamento e maior anisotropia. Provavelmente estes desequilíbrios da rocha foram fatores que contribuíram na grande quantidade de movimentos de massa que ocorreram, ocorrem e poderão vir a ocorrer na área em questão. Ver Mapa de Inventário de Movimento de Massa – Apêndice 01.

Outro aspecto importante foi o resultado obtido com a análise das zonas de Variação de Máximo de 1 e 2 - Apêndice 11 associado ao mapa de tensores compressivos Sigma 1 (σ_1) – Apêndice 10, que originou a Síntese Estrutural da área de estudo – Apêndice 12 levou ao estabelecimento de das sobreposições de Máximos de 1 e 2 com os tensores sigma1(σ_1) estabelecendo-se assim as feições associadas às fragilidades. As áreas onde ocorrem superposições de **ZVM 1 e 2** correspondem a um potencial de fragilidade alto, pois são áreas onde os processos de fraturamentos e erosivos já se instalaram. Nas **ZVM 1** o

potencial de fragilidade é médio e **ZVM 2** atuando como zonas de fragilidade baixa, mas que podem potencializar o grau de fragilidade na área, pois tais áreas possuem um equilíbrio dinâmico das formas de relevo quando não antropizados, mas se desestabilizam por qualquer intervenção antrópica. A tabela 05 ilustra as feições em relação as fragilidades.

Tabela 5 - Feição Associada a Fragilidades Estruturais

Feição Associada	Fragilidade	Percentuais (%)
Sobreposição de ZV M1, M2 e Sigma1(σ 1)	Alta	62,55
Presença de M1	Média	09,39
Presença de M2	Baixa	28,06

Estas feições estão reforçadas no Mapa de Zonas de Fragilidade Estrutural - Apêndice 16.

CAPÍTULO VI - CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES

A análise integrada do meio físico, a partir da aplicação da sistemática morfotectônica e o uso de geotecnologias, como Sensoriamento Remoto, Sistema de Informações Geográficas, Cartografia Temática e Topográfica mostrou-se eficiente para estudos voltados à gestão do meio físico. Considera-se que esta metodologia adotada é eficaz em diversas áreas do conhecimento e, quando aplicada e adaptada para fragilidades estruturais com foco em movimentos de massa respondeu de forma positiva. Entende-se que esta descreve uma sistemática de trabalho relativamente rápida e de baixo custo, pois as imagens orbitais, base para a extração dos parâmetros do meio físico analisados, hoje possui um acervo relevante de diferentes sensores em diferentes resoluções espaciais, espectrais e radiométricas disponíveis na forma de domínio público. Esta metodologia aplicada estabelece com boa precisão as classes temáticas de potencial natural aos deslizamentos, fornecendo subsídios aos gestores e tomadores de decisão.

O período de pesquisa de campo foi elemento fundamental nessa pesquisa, uma vez que esta metodologia é complexa e requer conhecimentos específicos por parte do pesquisador, para o entendimento dos elementos analisados e verificação dos resultados.

Os mapeamentos realizados permitiram definir que as áreas de fragilidade a deslizamentos por meio da análise morfoestrutural, principalmente das áreas rúpteis, é um parâmetro geológico muito importante, devendo ser incorporado às metodologias voltadas para a pesquisa de áreas de risco a deslizamentos. Ou seja, a análise do papel da geologia estrutural no condicionamento dos deslizamentos deve ir além da tradicional metodologia utilizada para mapeamentos de movimentos de massa, que utiliza parâmetros apenas geomorfológicos, pedológicos e topográficos.

Deve-se salientar que, apesar do reconhecimento da utilização da análise morfoestrutural ser importante para a investigação de processos de movimentos de massa, a sua utilização na cartografia de riscos ainda mostra-se bastante incipiente.

Nas microbacias do Braço Serafim e Máximo sugere-se maior atenção para as áreas de altos estruturais, em zonas de alta fragilidade em que a grande maioria localiza-se em Área de Preservação Permanente (APP).

E, é necessário verificar as condições de uso e ocupação do solo e as limitações naturais da área de estudo, como por exemplo, os fatores que intervêm diretamente na ocorrência dos deslizamentos, como

declividade e tipo de solo. Por meio da análise desses fatores conjuntamente com os avaliados nesta tese, é possível realizar mapeamento de fragilidade de movimentos de massa para planejamento territorial, considerando as localidades com maior probabilidade e registros de deslizamentos, evitando prejuízos à população, ao poder público e ao meio ambiente.

Esta pesquisa abre novas perspectivas de análises, uma vez que foi estruturado um Banco de Dados Geoespacial em ambiente ARCGIS que pode e deve ser atualizados periodicamente com novos dados e gerar novas informações, recomenda-se que sejam introduzidos dados climáticos temporais, hidrológicos que permitirá uma análise mais aprofundada das questões integradas do meio físico.

E, a eficiência da metodologia aqui utilizada resulta, dentre outras razões, do fato desta não delegar ao SIG o poder de decisão na definição das áreas mais susceptíveis à ocorrência de deslizamentos, a qual é aqui baseada nos processos estruturais, privilegiando o controle dos autos e baixos estruturais no desencadeamento desses fenômenos. Torna-se importante, todavia, a continuidade dos estudos de modo a permitir a incorporação no modelo de outros fatores condicionantes dos movimentos de massa.

Sugere-se, uma vez que agora se possui o primeiro inventário de deslizamentos da área de estudos realizado nesta tese, juntamente com o banco de dados de deslizamento de terra do restante do município gerados no projeto “Análise e mapeamento das áreas de risco a movimentos de massa e inundações nos municípios de Gaspar, Ilhota e Luiz Alves - Complexo do Morro do Baú, SC” do Departamento de Geografia da UFSC, aplicar a mesma metodologia desta tese no restante do município de Luis Alves, possibilitando a previsão de deslizamentos futuros. Isto quer dizer que, uma vez que se a dimensão de tempo está incluída na análise, a validação pode ser usada como uma base para transformar o mapeamento da fragilidade de deslizamentos de terra em mapas de risco.

Como já foi mencionado anteriormente, este estudo faz parte de um projeto mais amplo, onde serão analisados outros parâmetros do meio físico em área espacial mais abrangente (municípios de Gaspar e Ilhota no Vale do Itajaí).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABLA (Associação dos Bananicultores de Luis Alves, SC), 2009. Relatório Técnico dos danos e perdas da Agricultura devido as enchentes e deslizamentos de terra ocorridos em dezembro de 2008.
- AKGUN A, BULUT F (2007) GIS-based landslide susceptibility for Arsin-Yomra (Trabzon, 381North Turkey) region. *Environ Geol* 51:1377–1387
- AKGUN A, DAG S, BULUT F (2008) Landslide susceptibility mapping for a landslide-prone area (Findikli, NE of Turkey) by likelihood frequency ratio and weighted linear combination models. *Environ Geol* 54(6):1127–1143
- ALBUQUERQUE, P. C. G. Desastres Naturais e Geotecnologia. Caderno Didático 3. INPE. Ministério da Ciência e Tecnologia. 2008.
- ALCÁNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. *Geomorphology*, v. 47, n. 2-4, p. 107–124, 2002.
- ALEXANDER, D. E. A survey of the field of natural Hazards and disaster studies. IN: CARRARA, A.; GUZZETTI, F. (Ed.) *Geographical information systems in assessing natural hazards*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, Cap. 1, 1995, p. 1-19.
- ALMEIDA FILHO, R., HENRIQUE BEISL, C. 2000. Utilização do Geoprocessamento para integração de dados geológicos, geofísicos, no nordeste da Bacia do Recôncavo – BAHIA. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS –INPE, SP. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, Brasil, 14-19 abril 2000, INPE, p. 605-606.
- ALMEIDA, S. E.; RODRIGUES, R. M. Caracterização Geológica da Ilha de Santa Catarina a partir de Técnicas de SR E SIG visando a Implementação de Túneis Viários. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS –INPE, SP. Anais XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil, 05 - 10 abril 2003, INPE, p. 1695 - 1702.
- ALTIMIR, J.M, (2003) Integrated Landslide Susceptibility Analysis and Hazard Assessment in the Principality of Andorra. *Natural Hazards*, 30:3 421-435.

AMANTI, M. (2000) The IFFI Project - Italian Landslides Inventory Project. Proceedings 10th Congresso Ordine Nazionale dei Geologi, "Il territorio fragile", 7-10 december 2000, Roma.

AMFRI – Associação dos Municípios da Foz do Rio Itajaí. Plano estratégico de marketing turístico integrado: Inventário turístico. IFES , Itajaí, 2007.

ANBALGAN, R. (1992) Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountainous terrain. *Engineering Geology*, 32: 269-277.

ANDRADE, A. R.; BALDO M. C.; NERI, J. T. Variabilidade sazonal da precipitação pluviométrica de Santa Catarina. *Acta Scientiarum* 21 (4): 923-928, 1999.

ARDIZZONE, F.; CARDINALI, M.; GUZZETTI, F.; REICHENBACH, P. Landslide hazard assessment, vulnerability estimation, and risk evaluation at the basin scale. *Proceeding of The First World Landslide Forum, United Nations University, Tokyo, Japan 18-21-November 2008.*

ATLAS BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS 1991 A 2010: volume Brasil/ Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED UFSC, 2011.

_____, volume Santa Catarina/ Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED UFSC, 2011

ASTÉ, J.P. AND GIRAULT, F. (1995) GIS, SPOT, DEM and morphology of major land movements. IN: BELL, D.H. (ed.) *Landslides. Proceedings of the 6th International Symposium, Christchurch, 10-14 February 1991, 1539-1545.*

AUGUSTO FILHO, O. Riscos geológicos: aspectos conceituais. In: *SIMPÓSIO LATINO- AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO*, 1. 1990, São Paulo. Anais...São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1990. p. 335-341.

BANCO

MUNDIAL, 2013 <<http://web.worldbank.org/wbsite/external/topics/contentmdk>>. Acesso em 05/2012.

BAEZA, C. AND COROMINAS, J. (2001) Assessment of shallow landslide susceptibility by means of multivariate statistical techniques. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26:12 1251-1263.

- BAI S, LÜ G, WANG J, ZHOU P, DING L (2010) GIS-based rare events logistic regression for landslide-susceptibility mapping of Lianyungang, China. *Environ Earth Sci* 62(1):139–149
- BAKER, V.R. (1994) Geomorphological understanding of floods. *Geomorphology*, 10: 139-156.
- BARTON, C. AND NISHENKO, S. (1994) Natural disasters - Forecasting economic and life losses. Selected Issues in the U.S. Geological Survey Marine and Coastal Geology Program, 4 p.
- BARROS, L. H. S.; BRANDÃO, A. M. A Pluviosidade - fator condicionante dos movimentos de massa na Serra da Carioca, Rio de Janeiro. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS, 1, 1992, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABMS/ABGE/PCRJ, 1992. v.2, p.697- 707.
- BASEI, M. O Cinturão Dom Feliciano em Santa Catarina. Tese de Doutorado. IG-USP, São Paulo, 185p.
- BBC Brasil. Brasil é o país das Américas mais afetado por desastres. 2003. Disponível em: <<http://www.bbc.co.uk>>. Acesso em: 03/set/2009.
- BAUM, R.L., HARP, E.L. AND HULTMAN, W.A. (2000) Map showing recent and historic landslide activity on coastal bluffs of Puget Sound between Shilshole Bay and Everett, Washington. U.S. Geological Survey Miscellaneous Field Studies Map, MF-2346, scale 1:24,000.
- BEGUERIA, S. AND LORENTE, A. (1999) Landslide hazard mapping by multivariate statistics; comparison of methods and case study in the Spanish Pyrenees. The Damocles project work, contract No EVG1-CT 1999- 00007, technical report, 20 p.
- BERNKNOPF, R.L., CAMPBELL, R.H., BROOKSHIRE, D.S. AND SHAPIRO, C.D. (1988) A probabilistic approach to landslide hazard mapping in Cincinnati, Ohio, with applications for economic evaluation. *Bulletin American Association of Engineering Geologists*, 25:1 39-56.
- BIGARELLA, João J. V.3. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2003. Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais.
- BITAR, O. Y. (Coord.). Curso de Geologia aplicada ao meio ambiente. São Paulo: ABGE/IPT, 1995. 247p.
- BONACHEA, P. Desarrollo aplicación y validación de procedimientos

y modelos para la evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo debidos a procesos geomorfológicos. 2006. Tesis Doctoral – Departamento de Ciencias de la Tierra y Física de la Materia Condensada – Universidad de Cantabria, España, 2006.

BONACHEA J., BRUSCHI V., REMONDO J., GONZÁLEZ-DÍEZ A., SALAS L., BERTENS J., CENDRERO A., OTERO C., GIUSTI C., FABBRI A., GONZÁLEZ-LASTRA J., ARAMBURU J. (2005) – An approach for quantifying geomorphological impacts for EIA of transportation infrastructures: a case study in northern Spain. *Geomorphology* 66, 95-117.

BINAGHI, E., LUZI, L., MADELLA, P., PERGALANI, F. AND RAMPINI, A. (1998) Slope instability zonation: a comparison between certainty factor and Fuzzy Dempster–Shafer approaches. *Natural Hazards*, 17: 77-97.

BRABB EE, PAMPEYAN EH (1972) Preliminary map of landslide deposits in San Mateo County, California. US Geological Survey Miscellaneous Field Studies, Map MF-360, scale 1:62.500 A técnica e os riscos da modernidade.

BURTON, I., R.W. KATES (1989) The Environment as Hazard. *Natural Resources Journal* 3;412-41

BRÛSEKE, F. J. Florianópolis: Ed UFSC, 2001. 216 p. in: CARDOZO, C. F. Análise das Áreas Suscetíveis a Inundações e Escorregamentos na Bacia do Rio Forquilha, São José/SC. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina. 2009. 226 p.

CAETANO, N. R. Procedimentos metodológicos para o planejamento de obras e usos: uma abordagem geotécnica e geoambiental, Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

CAPRA- Probabilistic Risk Assessment program (2013), <http://www.ecapra.org/library/22>. Acesso em 02/fev/2013.

CARRARA, A. AND GUZZETTI, F. (eds.) Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands, 1-19.

CASTRO, A. L. C. Glossário de defesa civil: estudos de riscos e

medicina de desastres. 5ª edição. Brasília: MIN. SNDC. 2000.

CASTRO, A. L. C. Manual de Desastres Naturais. Brasília: MIN, 2003.174 p.

CASSETI, V. Geomorfologia. [S.1], 2005. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia2/>>. Acesso em: 03/mar/2010.

CEPAL (Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe). Manual para la Evaluación del impacto Socioeconómico y Ambiental de los Desastres. 2003.

CEPAL - Comissão Econômica para a América Latina 2013), <<https://www.gfdr.org/node/334>>. Acesso em: 10/2013.

CENSO DEMOGRÁFICO 2010: Luis Alves, SC. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em 23/maio/2011.

CENSO DEMOGRÁFICO 2010: Características da População e dos Domicílios : Resultados do Universo. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em 25/maio/2011.

CENTRO DE INFORMAÇÕES DE RECURSOS AMBIENTAIS E DE HIDROMETEOROLOGIA DE SANTA CATARINA. CIRAM-EPAGRI. Disponível em: ciram.epagri.sc.gov.br. Acesso em: 14/11/2010.

CEPED - CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) 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 UFSC, 2009.

CERRI, L. A. Carta geotécnica: contribuições para uma concepção voltada às necessidades brasileiras. In: ABGE – CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 1998, Salvador. Anais, 1998. p. 309-317.

COELHO, Manoel Joaquim D'Almeida. Memória histórica da província de Santa Catharina (1854). Desterro. Typ. de J. J. Lopes, 1877.

- CHAUHAN S, SHARMA M, ARORA MK, GUPTA NK (2010) Landslide susceptibility zonation through ratings derived from artificial neural network. *Int J Appl Earth Observ Geoinf* 12:340–350
- CHRISTOFOLETTI, Antônio. Geomorfologia. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1980.
- CHORLEY, R. J. Geomorphology. London: Methuen & CO. Ltd. 1984.
- CHORLEY, R. J., & KENNEDY, B. A. Physical Geography: a systems approach. London: Prentice-Hall International. 1971.
- CHUNG, C. F. AND FABBRI, A.: 1999, Probabilistic prediction models for landslide hazard mapping, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 65(12), 1389–1399.
- CHUNG, C. F., FABBRI, A., AND VAN WESTEN, C. J.: 1995, Multivariate regression analysis for landslide hazard zonation, In: A. Carrara and F. Guzzetti (eds.), *Geographical Information Systems in: Assessing Natural Hazards*, Kluwer Academic Publishers, the Netherlands, pp. 107–133.
- CHUNG, C. F., GARSON, D., PING, A., AND ZHANG, A.: 1998, Spatial Data Integration Software Package for Prediction Models, CD-ROM containing Spatial Data Integration Software Version 1.0 for MS Windows NT, Windows 95/98, and SGI Irix 5.3/6.2.
- CORSI, A.C.; MOREIRA, P.B.; GRAMANI, A.M.F. 2012. Valoração de danos decorrentes da inundação em São Luiz da Paraitinga. *GeAS – Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade* E-ISSN: 2316-9834; DOI: 10.5585/geas.v1i2.26.
- CORTÊS, H. A Turbulenta relação entre o Homem e as serras. Disponível em: <http://www.google.com.br/#=ptgs_nf=1&cp=16&gsHenrique+Cortes++A+turbulentaC3A7 Acesso em: 12 mar.2011
- CRUZ, O. Studies on the geomorphic processes of overland flow and mass movements in the Brazilian geomorphology. *Revista Brasileira de Geociências*, 30(3), p. 504-507, 2000.
- De MOURA, C.M. Zoneamento Geoambiental como subsídio na determinação de áreas de instabilidade em faixas de intervenção de dutos. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Campus de Rio Claro, São Paulo. 2009. p.86

DEGG, M. Natural disasters: recent trends and future prospects. *Geography*, v. 77, n.336, p.198-209, 1992.

DIAS, F. P. & HERRMANN, M. L. P. Susceptibilidade a deslizamentos: estudo de caso no Bairro Saco Grande, Florianópolis – SC. *Caminhos de Geografia - Revista online do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFU*. 3(6), p. 57-73, 2002.

DIKAU, R. Derivatives from detailed geoscientific maps using computer methods. *Geomorphologie, Supplementband, Frankfurt*, v. 2, p. 45-55, 1990.

DAI F.C., LEE C.F. (2001) Terrain-based mapping of landslide susceptibility using a geographical information systems: a case study. *Can Geotech J* 38:911–923

DIAS, F. P. Análise da susceptibilidade a deslizamentos no bairro Saco Grande, Florianópolis - SC. *Dissertação de Mestrado - Geografia*. Florianópolis: UFSC, 2000.

DIAS, F. P. & HERRMANN, M. L. de P. Análise da susceptibilidade a deslizamentos no bairro Saco Grande, Florianópolis –SC. *Revista Universidade Rural, Série Ciências Exatas e da Terra*. Rio de Janeiro, v.21 (1), p. 91-104, 2002.

DELLA JUSTINA, E.E. Zoneamento Geoambiental da Reserva Biológica do Jarú e zona de amortecimento – RO, Como subsídio ao seu plano de manejo. *Tese de Doutorado - Programa de Pós-graduação em Geociências e Meio Ambiente*. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro/SP, 2009. 225 p.

DOBROVOLNY E (1971) Landslide susceptibility in and near anchorage as interpreted from topographic and geologic maps, in the great Alaska earthquake of 1964-Geology volume. Publication 1603. U.S. Geological survey open file report 86-329, National Research Council, Committee on the Alaska Earthquake, National Academy of Sciences, USA, pp 735–745

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço nacional de levantamento e conservação de solos. *Estudo expedito de solos do Estado de Santa Catarina para fins de classificação, correlação e legenda preliminar*. Rio de Janeiro, 1980,155p.

EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database, -
Université catholique de Louvain - Brussels – Belgium. Disponível em
< <http://www.em-dat.net/>>. Acesso em 29/6/ 2012.

EM-DAT – Emergency Events Database. The OFDA/CRED
International Disaster Database. Disponível em: <
<http://www.emdat.be/>>. Acesso em: 21/9/2010.

EPAGRI/CEPA. Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina. v.31.
2008 – 2009 Florianópolis: 2010.

ERICKSEN, N. J. Natural Hazards: Basic Concepts. 5ª edição. New
Zealand: Department of Geography - University of Waikato, 2004.

FACINCANI, E. M. A influência de estrutura no desenvolvimento das
boçorocas na região de São Pedro e Aspectos Jurídicos. Dissertação de
Mestrado em Geociências e Meio-Ambiente. Universidade Estadual
Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Rio Claro, 1995.

FACINCANI, E. M. Morfotectônica nas adjacências de Rio Claro, São
Carlos e Piracicaba, SP. Tese de Doutorado em Geociências e Meio
Ambiente. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho,
UNESP, Rio Claro, 2000.

FACINCANI, E. M.; HASUI, Y. ; RUEDA, J. R. J / JIMENEZ -
RUEDA, J. R. ; R, J. ; MATTOS, J.t. De. . Influência das Estruturas e
Tectônica na Gênese e Evolução das Boçorocas da Região de São Pedro
- SP. 38o Congresso Brasileiro de Geologia. Camboriú - SC.. In: 38o
Congresso Brasileiro de Geologia, 1994. Anais do 38o Congresso
Brasileiro de Geologia. Camboriú - SC. v. 2. p. 278-279.

FERNANDES, N F.; AMARAL, C P do. Movimento de Massa: uma
abordagem geológico- geomorfológica. IN: GUERRA, Antônio J. T.;
CUNHA, Sandra B. (org). Geomorfologia e meio ambiente. 3ª edição,
Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000, p. 123-194.

FERNÁNDEZ, M. A. Ciudades en Riesgo: Degradación ambiental,
riesgos urbanos y desastres. Red de Estudios Sociales en Prevención de
Desastres en América Latina. Ed. Usaid.1994.

FOSTER, C., PENNINGTON, C. V. L., CULSHAW, M. G., AND
LAWRIE, K.: The National Landslide Database of Great Britain :
development, evolution and applications, Environ. Earth Science.,66,
941–953, doi:10.1007/s12665-011-1304-5, 2012. 114, 119, 125.

FRAGA, N. C. Enchentes urbanas no Vale do Itajaí, Brasil. 25 anos da

enchente catástrofe de 1983 – Reflexos socioambientais e Culturais no séc. XXI. FAE-UFPR-UNICURITIBA, Curitiba/PR.

FRANZONI, A.M.B. Avaliação do meio físico para fins de planejamento geoambiental no traçado e manutenção de rede viárias: Ilha de Santa Catarina, Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

GOKCEOGLU C, AKSOY H (1996) Landslide susceptibility mapping of the slopes in the residual soils of the Mengen region (Turkey) by deterministic stability analyses and image processing techniques. *Eng Geol* 44:147–161

GUIDICINI G., NIEBLE C.M. 1976. Estabilidade de taludes naturais e de escavação. Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 170 p.

GUZZETTI F, CARRARRA A, CARDINALI M, REICHENBACH P (1999) Landslide hazard evaluation: are view of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology* 31:181–216

HIGHLAND, L.M., AND BOBROWSKY, PETER, 2008, The landslide handbook – A guide to understanding landslides: Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular 1325, 129p.

HARTMANN, L.A. 1981. Ocorrência de granulitos em Luiz Alves, SC. In: CONGR.BRAS. GEOL. 29, Ouro Preto, 1976. Boi. Res. Belo Horizonte, SBG. p.321.

HARTMANN, LA.; SILVA, L.C.; ORLANDI, V. (1979) O Complexo Granulítico de Santa Catarina. *Acta Geológica Leopoldensia*, 6:94-112.

HERRMANN, M. L. P. (org). Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina. Florianópolis: IOESC, 2007, 146 p.

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

HERRMANN, M. L. Problemas Geoambientais na Faixa Central do Litoral Catarinense. Doutorado em Geografia. Universidade de São Paulo, USP, Brasil. 1998. 286p.

HERRMANN, M. L. P; CARDOZO, F.; BAUZYS, F.; PEREIRA, G. Frequência dos desastres naturais no estado de Santa Catarina no período de 1980 a 2007. Disponível

em:<<http://egal2009.easyplanners.info>>. Acesso em: 15 /ago/ 2009.

HERRMANN, M. L de P. (org.). Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina. Florianópolis: IOESC, 2007, 146 p.

HIGHLAND, L.M., AND BOBROWSKY, PETER, 2008, The landslide handbook – A guide to understanding landslides: Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular 1325, 129p.

HARTMANN, L. A. Petrogênese dos granulitos e ultramafitos de Luiz Alves (SC). 1981.104 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Departamento de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 1981

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 17/ out/ 2010.

IBGE. Carta topográfica Luis Alves SG-22-Z-B-V-I. Escala 1:50.000. IBGE: Florianópolis,1981.

IBGE. Carta topográfica Blumenau SG-22-Z-B-IV-4. Escala 1:50.000. IBGE: Florianópolis,1981.

IBGE. Carta topográfica Gaspar SG-22-Z-B-V-3. Escala 1:50.000. IBGE: Florianópolis,1981.

IBGE. Carta topográfica Pomerode SG-22-Z-B-IV-2. Escala 1:50.000. IBGE: Florianópolis,1981.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Luis Alves In: IBGE Cidades. 2010c. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat>>. Acesso em: 4 dez. 2011.

IPCC, 2001: Climate Change 2010 - Mitigation. The Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. B. Metz, O. Davidson, R. Swart, and J. Pan (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK.

INFANTI Jr., N. e FORNASARI FILHO, N., Processos da Dinâmica Superficial. IN: Geologia de Engenharia. OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S.N. A de. Ed. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – ABGE, São Paulo, 1998.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações : 1:25.000 (livro eletrônico): nota técnica explicativa /

coordenação Omar Yazbek Bitar. -- São Paulo : ; Brasília, DF : CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2014. – (Publicação IPT ; 3016). 5 Mb ; PDF

ISDR -International Strategy for DisasterReduction. (1999). The Geneva Mandate on Disaster Reduction. Geneva: United Nations.

ISDR – International Strategy for Disaster Reduction. Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives. Preliminary version. Geneva: Switzerland UN/ISDR, 2002. Disponível em: <<http://www.unisdr.org>>. Acesso em: 21/ago/2010.

JIMENEZ-RUEDA, J. R.; PESSOTTI, J. E. S.; MATTOS, J. T. Uso de sensoriamento remoto no zoneamento agroecológico da região da serra do mar no Estado e São Paulo. In: SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE PERCEPCION REMOTA, 4., 1989, Bariloche: Anais... Bariloche,1989, v.1, p. 135-139.

JIMENEZ-RUEDA, J.R.; MATTOS, J.T. Levantamentos geoambientais e suas aplicações múltiplas: especificações e procedimentos. Rio Claro-SP: Pós-graduação em Geociências e Ciências Exatas, 1992.

JIMENEZ - RUEDA, J. R. ; MATTOS, J.t. De. ; GONCALVES, J.M. ; VOLMERKE, S. Definição e caracterização de coberturas de alteração intempérica: O exemplo da região de São Carlos (SP). In: V - Simpósio Sul-Americano de Geologia, 1993, Curitiba - PR. Resumos - V - Simpósio Sul-Americano de Geologia, 1993. p. 32.

JIMENEZ-RUEDA, J.R.; MATTOS, J.T.; OHARA, T.; CRISOSTOMO-NETO, A.P. Proposta Metodológica para determinar o potencial de erodibilidade a partir da análise tectônica em sensores remotos. In: Simposio Internacional en Percepcion Remota y Sistemas de Informacion Geografia, n. 12, 2006, Cartagena. Anais: XII Simposio Internacional en Percepcion Remota y Sistemas de Informacion Geografica, 2006.

JIMENEZ - RUEDA, J. R. ; MATTOS, J.t. De. ; PESSOTTI, J. E. . Modelo para o estudo da dinâmica evolutiva dos aspectos fisiográficos dos Pantanaís. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, v. 33, p. 1763-1773, 1998.

JIMENEZ-RUEDA, J.R.; NUNES, E.; MATTOS, J.T. Caracterização fisiográfica e morfoestrutural da folha KAUL, P.F.T. 1979. Pré-Cambriano e Eopaleozóico do nordeste de Santa Catarina e leste do Paraná. Reavaliação de dados e correlação com a África. In: SIMPÓSIO

REGIONAL DE GEOLOGIA, 2. Rio Claro, 1979. Atas Rio Claro. v.1, p.1-15.

KLUCKE, C. et al. O impacto econômico das Áreas de Preservação Permanente (APP), bem como os conflitos de uso dessas áreas em propriedades bananicultoras no Município de Luís Alves. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.35, n.3, Edição Especial, p.707-716, 2011.

KLUCK, Cirlene; REFOSCO, Julio César; CAGLIONI, Eder and ARMENIO, Guilherme de Almeida. Impacto na economia das propriedades bananicultoras em Luís Alves-SC, em função da implementação das áreas de preservação permanente. *Rev. Árvore* [online]. 2011, vol.35, n.3, suppl.1, pp. 707-716. ISSN 0100-6762. Acesso em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622011000400015>. Acessado em: 23/06/2012.

KOBIYAMA, M. et al. Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos. Curitiba: Organic Trading, 2006. 109p.

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.S.F.; RUDORFF, F. Prevenção de desastres naturais: Conceitos básicos. Curitiba: Organic Trading, 2006a. 109p.

KÖPPEN, W. Climatologia: con un stúdio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948. 466p.

LARSEN, M. C. & TORRES-SANCHEZ, A. J. The frequency and distribution of recent landslides in three montane tropical regions of Puerto Rico. *Geomorphology*. 24, p. 309-331, 1998.

LEE S, PRADHAN B (2007) Landslide hazard mapping at Selangor, Malaysia using frequency ratio and logistic regression models. *Landslides* 4:33-41

LOCZY, L.; LADEIRA, E.A. Geologia estrutural e introdução à geotectônica. Ed. Edgard Blucher, Rio de Janeiro, CNPq, 1980, 134p.

MARCELINO, E. V.; GOERL, R. F.; RUDORFF, F. M. Distribuição espaço-temporal de inundações bruscas em Santa Catarina (Período 1980-2003). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1, 2004. Florianópolis. Anais. Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 554-564. (CD-ROM)

MARCELINO, E. V.; NUNES, L. H.; KOBAYAMA, M. Banco de dados de desastres naturais: análise de dados globais e regionais. Caminhos de Geografia, v.6, n.19,p. 130-149, 2006.

MARCELINO, E. V.; GOERL, R. F. Inundação Brusca. In: HERRMANN, M. L.de P. (org.). Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina. Florianópolis: IOESC, 2007, 146 p.

MATTOS J.T.; Caracterização do Comportamento Geológico-estrutural na Região da Represa de FURNAS (Minas Gerais), com dados de Sensoriamento Remoto. Tese de Doutorado em Geociências - Geologia Geral e Aplicada. USP. São Paulo, 1986.

MATTOS, J. T. de; RIEDEL, P. S.; RUEDA, J R J. Estudo das coberturas de alterações de parte do Centro-Leste Paulista através de dados de Sensoriamento Remoto. In: IV Simposio Latinoamericano en Pecepcion Remota, 1989, Bariloche, 1989.

MOPT, 1992. Guia para la elaboracion de estudios del medio fisico. Centro de Estudos de Ordenancia del Territorio y Medio Ambiente - Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid, España 809p. Disponível em http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/consulta/busq_autoridadesbib.

MONTEIRO, M. A. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. Geosul, Florianópolis, v. 16, n. 31, p. 69-78, jan./jun. 2001.

MUNSELL Soil-Color Charts. Grand Rapids: Munsell Color, 2009.

MURATORI, A.M. Erosão no nordeste doParaná:uma proposta metodológica de estudo sistemático do uso de fotografias aéreas. Disertação de Mestrado, UFPR, Curitiba,PR.135p.1983

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Improving Disaster Management: The Role of IT in Mitigation, Preparedness, Response, and Recovery. Washington, DC: The National Academies Press, 2007.

NIMER, E. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro - RJ: IBGE,1979.

PEEK, L.A.; MILETI, D. S. The history and future of disaster research. In: Bechtel, R. B. and Churchman, A. (Org) Handbook of environmental psychology. New York: John Wiley; Sons, 2002, p.511-524.

PINOTTI A.M., CARNEIRO C.D.R. 2013. Geologia Estrutural para contenção de queda de blocos e análise de estabilidade de encostas: aplicação no granito Santos, Sp. *Terra Didactica*, 9(1):132-168. Disponível em: <<http://www.ige.unicamp.br/terraedidactica/>> Acesso em 12/04/2013

PINOTTI A.M. Técnicas de Geologia estrutural para previsão e contenção de queda de blocos em encostas: Aplicação na área de Granito Santos, Santos, SP. Trabalho de Conclusão de Curso, (Curso de Geologia), Instituto de Geociências. Universidade Estadual de Campinas-UNESP, São Paulo. 2011. P. 79

Prefeitura Municipal de Luis Alves. Plano Plurianual de Assistência Social de Luis Alves, SC. 2001.65p.

PUPIM, F.N.; Jimenez-Rueda, J.R.; T. de Mattos, J. Caracterização do potencial natural de erodibilidade através da sistemática morfoestrutural e morfotectônica aplicada a obras lineares – dutovias. In: 4o PDPETRO, 3.1.0169.1 – 1. 21-24 de Outubro de 2007. Campinas, SP.

RADBRUCH DH (1970) Map of relative amounts of landslides in California. US Geological Survey Open-File Report 70-1485, pp 36, map scale 1:500.000. US Geological Survey Open-File Report, pp 85–585

RODRIGUES, M.R. Estudo e caracterização do meio físico da bacia do rio Camboriu, S.C., visando zoneamento geoambiental. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro, São Paulo. 2000. P.100

REMONDO, J.: 2001, *Elaboración y validación de mapas de susceptibilidad de deslizamientos*

mediante técnicas de análisis espacial, Ph.D. thesis, Universidad de Oviedo, Spain.

RICCOMINI, J.L. CROSTA A.P. 1989. Geological mapping using landsat thematic mapper imagery in Almeria province, south-east Spain. *International Journal of Remote Sensing* 10 (3), 505-514.

ROSSI, Vera L. A bananicultura no município de Luis Alves (SC) e o desenvolvimento local a contribuição das políticas públicas e do associativismo rural. Dissertação de Mestrado – Gestão de Políticas Públicas. Itajaí: UNIVALI, 2006. Disponível em

<siaibib01.univali.br/pdf/VeraLuciaRossi.pdf> Acesso em 23 janeiro 2011.

SAITO, S. Estudo Analítico da Suscetibilidade a Escorregamentos e quedas de Blocos no Maciço Central de Florianópolis – SC. Dissertação de Mestrado, de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina. 2004. 132 f.

SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Atlas de Santa Catarina. Florianópolis, SC: GAPLAN/SUEGI; Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1986. 173p.

SCHÄFFER, W.B. et.all. Área de Preservação Permanente e Unidades de Conservação versus áreas de Risco – O que uma coisa tem a ver com a outra? Relatório de Inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF. 2011. 160 p.

SEBRAE - Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Santa Catarina em Números. Luis Alves. 2010.117p.

SELBY, M.J. 1990. Hillslope Materials & Processes. Oxford University Press, Oxford.

SERRA, E. JR.; OJIMA, L. M. 1998. Caracterização e Classificação de Maciços Rochosos. In: OLIVEIRA, A.M.S, BRITO, S.N.A. Geologia de Engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE). p 211-226.

SEVERO, D.L. Estudo de casos intensos de precipitação no Estado de Santa Catarina. São José dos Campos, 2009. (Doctoral Thesis in Meteorology) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

SILVA, L C. da & BORTOLUZZI, Carlos A. (ed.) Texto Explicativo para o Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina – E= 1:500.000. Florianópolis, 11 Distrito do DNPM.1987.

SOBREIRA, F. G. Suscetibilidade a Processos Geológicos e suas consequências nas áreas urbanas de Mariana, MG. 2001. p. 41-60. Disponível

em:<http://www.degeo.ufop.br/geobr/artigos/artigos_completos/volume1/sobreira1.pdf> Acesso em: 10/mar/2011.

STRAHLER, A. N. Introduction to Phisical Geogrfy. New York: John Wiley e Sons, 1965.

SCHAIBE, L.F. A Geologia de Santa Catarina – Sinótese provisória. GEOSUL – N.1. 1986

SILVA DIAS, M. A. F. S. As chuvas de novembro de 2008 em Santa Catarina: um estudo de caso visando a melhoria do monitoramento e da previsão de eventos extremos. São José dos Campos: INPE, 2009. 67 p. (INPE-16631-RPQ/255). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m19@80/2009/11.05.11.33>>. Acesso em: 10 março 2011

SONG LI AND HOUQIANG HUA, "Automatic recognition of landslides based on change detection", Proc. SPIE 7384, 73842E (2009); doi:10.1117/12.836109. Disponível em <<http://staff.ustc.edu.cn/~lihq/English.htm>>. Acesso em: 03 maio 2012.

SHOU KJ, WANG CF (2003) Analysis of the Chiufengershan landslide triggered by the 1999 ChiChi earthquake in Taiwan. Eng Geol 68:237–250

SCHUSTER RL, FLEMING RW (1986) Economic losses and fatalities due to landslides. Bull Assoc.Eng. Geol 23:11–28

SUGUIO, K. Impacto ambiental antrópico na APA (Área de Proteção Ambiental) da Ilha Comprida (SP), da pré-história à atualidade. Revista Universidade Guarulhos, v. 5, p. 102-112, 2008.

SWISS RE GEOSERVICES. Flood risk in Brazil. 2010. Disponível em<
http://www.preventionweb.net/.../20634_floodriskinbrazil1>. Acesso em: 05 maio 2012.

TERZAGHI, K. 1967. Mecanismo dos escorregamentos de terra. Publ./ Escola Politécnica USP, 41pp., il. Transcr. Rev. Politécnica (167), jul./ago. 1952. Trad. E. Pichler. T. Orig.: Mechanism of landslides. 1950. Harvard, Dept. Eng., publ. (488):83-123. jan. 1951. (Harvard Soil Mechanics Series 36). Reimpr. por Eng. Geology (Berkey), Vol. Geol. Soc. Am., nov. 1950.

TOMINAGA, L. K. Avaliação de metodologias de análise de risco a escorregamentos: aplicação de um ensaio em Ubatuba, SP. 2007. 220 p. Tese Doutorado.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. Desastres Naturais: conhecer para reaver. Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo, 2009. 197 p.

UNDP – United Nations Development Programme. Reducing disaster risk: a challenge for development. New York, USA: UNDP, 2004. 129p.

UNITED NATIONS DISASTERS RELIEF Co-ordenador (UNDRO). 1992. Natural Desasters and Vulnerability Analisis, Reporte Of Expert Group Meeting 9-12 july, Geneva (UNDRO).

UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION

(UNISDR). Terminology. 2009 Disponível: <<http://www.unisdr.org/we/inform/publications/14044>>. Acesso em: 21/out/2010.

VAN WESTEN, C.J. (2004). Geo-Information tools for landslides risk assessment: an overview of recent developments. In: LACERDA, EHRlich, FONTOURA & SAYÃO (Eds) Landslides: Evaluation and Stabilization. Taylor & Francis Group, London, p.39-56.

VARNES, D. J. Slope movement types and processes. In: Landslides Analysis and Control. National Academy of Sciences. Washington, 1978.

VECVAGARS, K (2011). Valuing damage and losses in cultural assets after a disaster: concept paper and research options. México: Cepal, 2006. 59p. (Estudios y Perspectivas 56). Disponível em: <<http://www.eclac.org/publicaciones/xml/8/26728/L731.pdf>>. Acesso em: 03/mar/2012

VENEZIANI, P.; ANJOS, C. E. Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia. Sao Jose dos Campos: INPE, Nov.1982. 54 p.

VIEIRA, S. F. Análise e Mapeamento das Áreas Susceptíveis a Movimentos de Massa no Setor Central da Serra da Esperança, na Divisa entre os Municípios de Guarapuava e Prudentópolis – PR. Dissertação de mestrado – Geografia. Florianópolis: UFSC, 2008.

ZARUBA, Q.; MENCL, V. Landslides and their control: development in geotechnical engineering. Amsterdam: Elsevier, 1982. 324 p.

ZERKAL, S. V. & ZERKAL, O. V. Simulation flow landslides by particle method. In: NINTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LANDSLIDES. 2004, Rio de Janeiro, p.1427-1432.

ZÊZERE, J. L.; RODRIGUES, M. L.; REIS, E.; Spatial and temporal data management for the probabilistic landslide hazard assessment considering landslide typology. Londres: Taylor & Francis Group, 2004.

p. 117-123.

ZÊZERE, J. L. (1997). Movimentos de Vertente e Perigosidade Geomorfológica na Região a Norte de Lisboa. Lisboa: Dissertação de doutoramento em Geografia Física apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa.

ZÊZERE, J. (2000). Rainfall triggering of landslides in the North of Lisbon. In B. E., N. Dixon, & I. M. (Edits.), *Landslides in Research: Theory and Practice 3* (pp. 1629-1634). London: Thomas Telford.

ZHOU G, ESAKI T, MITANI Y, XIE M, MORI J (2003) Spatial probabilistic modeling of slope failure using an integrated GIS Monte Carlo simulation approach. *Eng Geol* 68:373–386

ZUQUETTE, L. V.; PEJÓN, O.; GANDOLFI, N.; PARAGUASSU, A. B. Considerações básicas sobre a elaboração de cartas de zoneamento de probabilidade ou possibilidade de ocorrer eventos perigosos e de riscos associados. *Geociências*. v. 14, n. 2, p. 9-39, 1995.

WALSBY, J.: *GeoSure; A bridge between geology and decision-makers*, Geological Society, London, Special Publications, 305, 81–87, 2008. 119

WHITE, G. F. (1973) (ed.) *Natural Hazards; Local, National, Global*. Oxford University Press.

WILVERT, Solange R. Análise das áreas de risco relacionadas à dinâmica do meio físico na cidade de Antônio Carlos – SC. Dissertação de mestrado – Geografia. Florianópolis: UFSC, 2010.

WP-WLI. (1993b). *Multilingual Landslide Glossary*. In U. Working Party on World Landslide Inventory (Ed.): *International Geotechnical Societies*. Disponível em: <www.cgs.ca/pdf/heritage/Landslide%20Glossary.pdf>. Acesso em 28 de setembro de 2011.

APÊNDICE A: ATIVIDADES DE CAMPO

Deslizamento rotacional

Forte controle estrutural em rocha enderbítica

Data: 27/09/2013

Coordenadas: UTM 703225/ 7036387

Afloramento do tipo corte de estrada, apresentando um depósito em encosta com uma vegetação diferenciada a original e com vários blocos rolados, sendo esses blocos de granito leucocrático.



Prancha 1. Afloramento contendo blocos rolados. Foto: Sérgio Schmitt, 2012

Data: 27/09/2013

Coordenadas: UTM :703132/7036352

Esse afloramento se trata de um talude de deslizamento com aproximadamente 5 metros de altura, onde os blocos rolados são encontrados no ponto anterior, porém nesse ponto a rocha possui uma cloração mais escura e ela apresenta-se bandada.



Prancha 2. Foto: Pamela. Talude de deslizamento.

Data: 27/09/2013

Coordenadas: UTM :702820/7036628

Afloramento do tipo corte de estrada contendo blocos de granito – gnaisse, com bandamento preservado em blocos. O solo de alteração se encontrava bem argiloso com coloração marrom vivo.



Prancha 3. Solo de alteração do talude, Schimidtt

Data: 27/04/12

Coordenadas: UTM :702924/ 7036271

Deslizamento rotacional, corte de estrada. Depósito de encosta com blocos de altura entre 2 a 2,5m. Nos blocos rolados era possível perceber feldspatos rosas muito alterados.



Prancha 4. Sérgio Scmiditt, (2012)



Prancha 5. Talude de alteração com blocos rolados. Pâmela.

Data: 27/09/2013

Coordenadas: UTM :703017/7036156

Afloramento do tipo corte de estrada, com depósito de encosta sobre rocha alterada, sendo ela uma rocha de coloração escura, com textura fina fanerítica.



Prancha 6.. Talude de alteração com blocos rolados. Pâmela

Data: 27/09/2013

Coordenadas: UTM :703251/7036043

Afloramento acontecendo no topo do morro. Observa-se topos ondulados.



Prancha 7. Dois Deslizamentos rotacionais com fluxo de solo, árvores e rochas. O material rolado se unificou aumentando o poder de destruição. Talude de alteração com blocos rolados. Pâmela.

Data: 27/09/2013

Coordenadas: UTM :703346/ 7037867

Afloramento acontecendo em beira de estrada, contendo solo coluvial, nele inseridos blocos rolados, e como pode-se observar, também possui degraus de abatimento.



Prancha 8. Solo coluvial. Pâmela

Data: 27/09/2013

Coordenadas: UTM :703153/ 7037830

Continuação do depósito de colúvio, contendo blocos rolados de granito enderbítico, tendo como minerais principais piroxênio de plagioclásio. Encontrado olho d'água vertendo (pipin) pelo depositado, sendo assim um local de perigo eminente, por ter o solo encharcado, aumentando as chances de esse local deslizar.



Prancha 9 Pipin, olho d'água vertendo pelo talude.

Data: 27/09/2013

Coordenadas: UTM :703012/ 7037717

Afloramento em pedreira/saibreira apresentando aproximadamente 30 m de altura, contendo blocos de piroxênio sendo cortados por dois veios de quartzo, apresentando disjunção esferioidal.



Prancha 10. Talude de alteração com blocos rolados. Sérgio Schmidt

Data: 27/09/2013

Coordenadas: UTM :702816/7037556

Continuação do LZ215. Depósito de colúvio.



Prancha 11: Colúvio contendo blocos rolados. Sérgio Schimidtt

Coordenadas: UTM :703411/7036159,
Juntas e degraus de abatimento semicirculares com aproximadamente 2 a 5 cm de espaçamento. Gnaiss granítico/enderbítico com assimilação de máficos



Prancha 12 Autora,2013. Degráus e trincas em depósito coluvial em área deslizada

Coordenadas: UTM :703424/7036043

Afloramento natural no fundo da cicatriz.

Gnaiss máfico (enderbítico), apresentando bandamento gnáissico

Bandamento 255/70, 225/20

Cor cinza escuro, estrutura bandada, textura equigranular/granoblástica, fanerítica fina.

Mineralogia: plagioclásio, anfibólio/piroxênio, magnetita

Rocha pré-metamórfica: gabro



Plancha 13. Na área da cabeceira do deslizamento marcar como núcleo máfico parcialmente assimilado. Espessura de solo de 10 a 15 metros. Fonte: Autora: 2012



Pranchas 14 e 15. Deslizamento rotacional, Serafim. Veio de pegmatito de aproximadamente 4 metros. Direção do veio norte-sul, coincide com o eixo do deslizamento, com veios de epidoto de até 2 cm, NS, mergulhando 80W, muscovita. Autora, 2012



Afloramento corte de rio. Bloco residual de rocha gnáisse félsico.
200/40 (bandamento do gnaissse fino)

Fratura 160/20

Enxame de enclaves no granulito em fase de assimilação. Zona de falha
em pequena cachoeira.



Prancha 16. Autora, 2013

Coordenadas: UTM :703929/7036370

Afloramento do tipo barranco de rio onde aflora gnaiss félsico milonitizado com bandamento (100/72). Nesse plano de milonitização ocorrem estrias de falha com caimento 9° para N20E. ressaltos indicam movimento dextral.



Prancha 17. Sérgio Schmitt, 2013

28/09/2013

Coordenadas: UTM :703737/7037077

Afloramento artificial do tipo corte de estrada com piroxenito e alterito de piroxenito cor preta sem orientação, estrutura maciça e planos de fratura $195/20^\circ$. 5 metros à frente, contato do piroxênio com alterito de outra rocha (gnaisse, provável) e pouco mais adiante, rocha gabrótica.



Prancha 18. Pamela, 2013.

Coordenadas: UTM :703798/7037927

Afloramento natural/cicatriz de deslizamento recente em rocha gnaisse com dique de diabásio deslocado.



Prancha 19. Deslizamento rotacional, Máximo. Pâmela Richetti, 2013.

Deslizamento rotacional

Vertente côncava, alta declividade, vegetação capoeirinha, sem drenagem, relevo escarpado, encosta natural, altura de 25m com 40m de largura, inclinação 80° , sem obras de contenção, úmido, solo sem trincas, rocha com blocos, solo residual, deslizamento translacional, solo-rocha, metamórfica (gnaisse), cascalho e blocos.

Bandamento 140/90, direção do dique: $220/84^\circ$



Prancha 20. Autora, 2012. Área do Ribeirão do Máximo

Coordenadas: UTM 704376/7038372

Afloramento artificial do tipo corte de estrada com rocha quartzito, estrutura maciça, textura granoblástica com presença de muscovita e biotita. Solo com coloração menos avermelhada que do gnaiss e piroxênito. Bandamento 355/40 e 330/32°.



Prancha 21: Deslizamento translacional. Ribeirão Máximo, autora, 2012

Coordenadas: UTM :702403/7037731

Continuação do colúvio, sendo ele em leito de estrada. Esse colúvio se estende por toda a calha de drenagem, contendo nele blocos de gabro.



Prancha 22: colúvio. Pâmela, 2013

Data: 27/09/2013

Coordenadas: UTM :702449/ 7041348

Blocos de matação de aproximadamente 3 metros, contendo gabro, leucogabro e gnaissse rico em idioblastos de magnetita, formando assim o gnaissse magnético.



Prancha 23: matações contendo gabro, leucogabros e gnaissse. Pâmela,2013



Prancha 24. Obra de contenção do Gasoduto Brasil-Bolívia, trincas no terreno.
Pâmela,2013

Data: 27/09/2013

Coordenadas: UTM :703079/ 7092263

Deslizamento do tipo rotacional, com plano de ruptura solo-solo, sendo retrabalhado desde o seu primeiro acontecimento, em 2008. Há degraus de abatimento que mostram que esse local pode vir a cair novamente.

Necessita de monitoramento.



Prancha 25: Cicatriz do deslizamento rotacional. Massa deslizada solo-solo. Solo tipo Cambissolo álico distrófico e eutrófico. Vegetação secundária. Pâmela, 2013

Data: 27/09/2013

Coordenadas: UTM :702628/ 7040238

Depósito coluvial, sendo retrabalhamento do córrego, com blocos rolados de enderbito e gnaisses félsicos.



Prancha 26 : colúvio com blocos rolados.

Data: 27/09/2013

Coordenadas: UTM :702668/ 7039897

Cicatriz do deslizamento de 2008, com plano de ruptura solo-rocha, dp tipo translacional, contendo blocos de gnaiss félsico que contém mais quartzo do que feldspatos rosa.



Prancha 27: Cicatriz de deslizamento.

Coordenadas: UTM :702530/7039591

Colúvio contendo blocos rolados de enderbitos.



Prancha 28: Colúvio. Autora, 2012

Coordenadas: 702702/ 7039714

Colúvio com blocos rolados mostrando o contato entre o gabro félsico e o gabro máfico.



Prancha 29: contato entre o gabro félsico e o gabro máfico. Autora, 2013

Data: 25/10/2013

Coordenadas: 702626/7038925

Afloramento em área rural, contendo vegetação baixa. O relevo é montanhoso, escarpado e côncavo. É um talude de corte com solo úmido de cor vermelha, com seixos angulosos de quartzo leitoso, variando de 7 a 10 centímetros, encontrados na superfície de deslizamento com índice de coesão média/alta e baixa plasticidade.



Prancha 30: Talude de corte de estrada. Pâmela

Coordenadas: UTM :702661/7040788

Afloramento de corte de estrada, sendo uma ocupação rural com vegetação rasteira e arbórea, contendo o relevo montanhoso, como em toda a região. O talude se encontra úmido com blocos rolados considerados da parte supercrustal do complexo, sendo observado quartzito originado de sedimentos muito antigos. O protólito eram as rochas mais rasas do complexo.



Prancha 31a: cicatriz deslizamento, talude de corte de estrada, blocos rolados

Obs: blocos rolados de enderbito na borda do corpo gabrótico. Sérgio Schimidtt, 2012



Prancha 31b: detalhe do perfil de solo. Autora, 2012

Afloramento em riacho (ao lado do afloramento anterior). Corpo andesítico em rocha gnáissica encaixante. Espessura do andesito de uns 7 metros. Direção NE-SW.



Prancha 32: Dique andesítico. Pâmela Richetti, em 19/09/13.

Pedreira (Prancha 33)

Coordenadas: UTM : 700618; 7039016

Gnaiss milonítico com enclaves máficos em apenas um local. Gnaiss leucocrático. Apresenta foliação milonítica fina E-W a N70°E subvertical. Zona de cisalhamento E-W vertical.

Descrição do deslizamento

Ponto de referência: estrada

Situação: movimento ocorrido

Tipo de situação: estrada com baixa densidade

Vegetação: Capoeirão

Drenagem: inexistente

Relevo: escarpado e retílineo

Local vistoriado: encosta natural

Geometria: alt. 15 m, larg. 50 m, inclinação 65°

Obras contenção: não

Condição saturação terreno: úmido sem surgência

Natureza do material: rocha fraturada e com blocos.

Solo: colúvio. Espessura de solo acima da rocha de uns 2 m.

Tipologia do movimento: deslizamento misto

Superfície deslizamento: solo- rocha

Litologia: gnaiss granulítico. Cor cinza levemente amarronzado.

Granulometria média. Qtz, fd, anf. Bandamento fraco. Composição mais félsica.

Obs: árvores tortas ao longo do afloramento. Como as rochas estão muito fraturadas, há a possibilidade de escorregamento de blocos.



Prancha 33: Vista geral do afloramento. Por Monique Becker em 27/09/2013.

Coordenadas: 700346; 7033850

No topo do morro é possível observar rochas expostas em vários pontos. O morro parece ter 70 m de altura e aprox 70° de inclinação.

Próximo a estrada se vê um possível depósito de colúvio, coberto por vegetação arbórea, que encontra-se bem declinada.

Presença de drenagem natural (riacho), o que confirma a ocorrência de deslizamento no topo do morro, seguidos de movimento de fluxo causados pela presença do riacho.



Prancha 34: Vista para a parte baixa do deslizamento, onde é possível visualizar árvores tortas. Por Pâmela Richetti em 27/09/2013.

Coordenadas: UTM :700298; 7033745

Ocorrência de 4 deslizamentos segundo moradora da região. Estes, se juntaram em um único, que chegou a atravessar a estrada.

Não é possível a observação do depósito, uma vez que a vegetação os cobre. O que se pode ver são algumas cicatrizes de deslizamentos.

Na casa, no final de uma estrada secundária, é possível observar um antigo depósito de colúvio. Sobre esse depósito podem ser vistos degraus de rastejo.



Prancha 35: Vista geral para um colúvio antigo e um deslizamento recente. Pâmela Richetti em 27/09/2013.

Coordenadas: UTM :700174/ 7033831

Ocorrência de um deslizamento de médio porte que atravessou a estrada e chegou até a drenagem, que está logo abaixo. O movimento provavelmente foi rotacional, uma vez que a cicatriz do deslizamento possui grande largura. Espessura do depósito: 6 m aprox.

Foto: simAmostra: não

Descrição do deslizamento

Ponto de referência: estrada

Situação: movimento ocorrido

Vegetação: rasteira baixa com plantio recente de eucaliptus
Drenagem: não
Relevo: ondulado côncavo
Local vistoriado: encosta natural
Geometria: alt 15m, larg 60m, incli 40°
Obras contenção: não
Condição saturação terreno: úmido sem surgência
Natureza do material: solo de colúvio com blocos de rocha
Tipologia do movimento: deslizamento rotacional
Superfície deslizamento: solo solo
Litologia: Metamórfica
Granulometria: areno-argiloso



Prancha 36: Vista geral para o deslizamento, cuja topo está marcado em linha vermelha. Por Pâmela Richetti em 27/09/2013.

Coordenadas: UTM :700071/ 7034247

Ocorrência de deslizamento.

Ponto de referência: estrada

Situação: movimento ocorrido

Vegetação: na encosta é arbórea e no depósito é rasteira

Drenagem: não

Relevo: montanhoso convexo

Local vistoriado: encosta natural

Geometria: alt 50m, larg 60m, incli 50°

Obras contenção: não

Condição saturação terreno: úmido sem surgência

Natureza do material: solo residual na cicatriz e colúvio no depósito.

Rocha exposta na encosta e blocos de rocha. Rochas fraturadas. Gnaiss granulítico.

Tipologia do movimento: deslizamento rotacional

Superfície deslizamento: solo- rocha

Litologia: gnaiss granulítico areno- argiloso



Prancha 37– Deslizamento rotacional de grande proporção, Braço Serafim. Sérgio Schmitt, 2013

Coordenadas UTM: 700245/ 7034983

Ocorrência de deslizamento.

Descrição do deslizamento

Tipo de ocupação: rural com baixa densidade

Vegetação: arbórea média com plantio recente de eucalipto

Drenagem: natural e parte construída. Aparentemente satisfatória.

Relevo: montanhoso côncavo-convexo

Local vistoriado: natural

Geometria: alt 80m, larg: 50 m, inclin 45°

Obras contenção: n

Condição saturação terreno: úmido com surgência

Natureza do material: solo residual e rocha in situ fraturada

Tipologia do movimento: deslizamento e movimento de fluxo quando chega à drenagem. Translacional

Superfície deslizamento: solo- rocha

Litologia: gnaiss granulítico

Granulometria: areno- argiloso



Plancha 38: Vista geral do maior deslizamento que ocorreu em Luiz Alves. Por Pâmela Richetti em 27/09/2013.

Coordenadas UTM: 699467/ 7034720

Ocorrência de deslizamento

Descrição do deslizamento

Tipo de ocupação: área não ocupada

Vegetação: arbórea de alta densidade

Drenagem: natural

Relevo: montanhoso côncavo-convexo

Local vistoriado: encosta natural

Geometria: alt 60m, larg 100m, incli 50°

Obras contenção: não

Condição saturação terreno: úmido com surgência

Natureza do material: solo residual com blocos de rocha

Tipologia do movimento: deslizamento com movimento de fluxo translacional

Litologia: gnaiss granulítico

Granulometria: areno-argiloso



Prancha 39: Vista geral do deslizamento. Por Pâmela Richetti em 27/09/2013.

Coordenadas UTM: Coordenadas: 700298; 7034737

Corte de estrada

- A) Afloramento de gnaiss. Corpo com 4 m de altura e 7 m de largura, bem fraturado. Corpo de mesma composição, mas é maciça justo ao lado.

Fraturação da rocha: 262/58°. Fraturação 2 da rocha: 199/55°.

Bandamento da rocha maciça: 002/85°. Bandamento da rocha fraturada: 160/45°

Rocha gnáissica granulítica, com muito qtz, plag. Cor cinza.

- B) Ao lado outro corpo rochoso com um manto de intemperismo muito mais marcado que o corpo anterior. Esse corpo apresenta fraturação 083/60°. Bandamento gnáissico é paralelo a fraturação. Outro bandamento justo ao lado possui 150/55°. Composição da rocha: ortoc, anf, qtz.

- C) Rocha ao lado esquerdo da escura maciça. É uma rocha gnáissica que possui duas colorações bem definidas: uma, muito rosada (mto ortoc, pouco qtz e anf) e outra cinza, como era a rocha maciça.

Obs: ao outro lado da estrada tem uma pequena cachoeira, cujo declive é formado pela rocha escura.



Prancha 40 a: Vista geral do afloramento, com linha vermelha separando a rocha A e rocha B . Por Pâmela Richetti em 28/09/2013.



Prancha 40 b: Foto de detalhe da rocha C. Por Pâmela Richetti em 28/09/2013.

Coordenadas UTM: 700731/ 7034866

Estrada. Possível deslizamento, uma vez que ocorre uma depressão no relevo. Área super encharcada, com vegetação arbustiva e pouca arbórea. Drenagem natural sobre o terreno. Pequeno deslizamento, onde o terreno cedeu.

Deslizamento confirmado por moradora da região. Segundo a mesma, o deslizamento fechou a estrada, que desceu cerca de 20 cm.



Prancha 41: Vista geral do deslizamento. Pâmela Richetti em 28/09/2013.

Coordenadas UTM 700745/ 7034893

Corte de estrada.

Pacote de 4/5 m de altura de alterito vermelho, com um núcleo rochoso muito alterado, porém conservado. Estrutura original da rocha é visível. Alteração principalmente nas fraturas e pequenos pedaços rochosos pouco conservados. A rocha é um gnaíse.



Prancha 42: Foto de detalhe do alterito. Nota-se a estrutura da rocha ainda preservada. Por Pâmela Richetti em 28/09/2013.

Coordenadas UTM 701143/ 7035507

Corte de estrada. Afloramento rochoso bem alterado. Espessura solo superior é de uns 40 cm. Rocha bem fraturada, com fraturas aprox na vertical e horizontal. Rocha de grãos finos, com coloração muito escura. Fd, pxs. Gnaíse máfico.



Prancha 43: Vista geral do afloramento. Por Pâmela Richetti em 28/09/2013.

Coordenadas UTM :701151/ 7037518

Altitude: 220m

Riacho cuja litologia continua sendo o gnaiss cinza. De ambos lados, alterito de uns 5 m de altura.



Prancha 44: Vista geral do afloramento. Por Pâmela Richetti em 28/09/2013.

Coordenadas UTM: 701073; 7037543

Deslizamento ao lado da estrada. Além da cicatriz do deslizamento é possível observar árvores e postes tortos.

Descrição do deslizamento

Tipo de ocupação: estrada com densidade baixa.

Vegetação: arbórea com densidade baixa

Drenagem: não

Relevo: ondulado côncavo

Local vistoriado: encosta natural

Geometria: alt 15m, larg 25 m, inclin 30°

Obras contenção: não

Condição saturação terreno: úmido sem surgência

Natureza do material: solo residual

Tipologia do movimento: deslizamento translacional

Superfície deslizamento: solo- solo

Litologia: metamórfica

Granulometria: areno- argiloso



Prancha 45: Vista geral do deslizamento. Pâmela Richetti, 2013

Dia 29/09/2013 - Prancha 46

Coordenadas UTM: 699861/ 7036672

Deslizamento em encosta natural. Depósito de colúvio com blocos caídos. Litologia encontrada em dois blocos na subida é de gnaiss eenderbítico e gnaiss com bandejamento máfico.

Descrição do deslizamento

Tipo de ocupação: rural com baixa densidade

Vegetação: vegetação arbórea com alta densidade

Drenagem: natural e construída pós- deslizamento (satisfatória)

Relevo: montanhoso convexo

Local vistoriado: encosta natural

Geometria: alt 250m, larg 75 m, incli 30°

Obras contenção: canaletas de drenagem, retaludamento com gabiões

Condição saturação terreno: úmido com surgência

Natureza do material: solo residual e rocha

Tipologia do movimento: deslizamento e fluxo de detritos translacional raso

Superfície deslizamento: solo- rocha

Litologia: metamórfica

Granulometria: areno- argiloso



Pancha 46: Vista inicial do deslizamento. Pâmela, 2013

Coordenadas UTM: 699918; 7036664

Afloramento natural com cachoeira, que está na cicatriz do deslizamento.

Estrutura: bandamento gnáissico alternadas entre bandados máficos e mais feldspáticos. Paralelas a essa, ocorrem bandas vermelhas de K-Fd. Em algumas dessas, há bandas de epidota. Presença de enclaves máficos.

Provavelmente as bandas de K-Fd (20 cm de espessor) são posteriores à deformação metamórfica, já que o gnaiss é feldspático, mas não é K-Fd. As bandas de K-Fd se aproveitaram da fraqueza do bandamento para intruir.

Os gnaisses enderbíticos e os gnaisses com bandamento máfico forte são produtos de diferentes estágios de assimilação dos enclaves máficos.

Direção bandamento: $130^{\circ}/70^{\circ}$

Ocorrem também blocos rolados de gnaiss enderbítico (px, anf e plag).



Prancha 47: Foto de detalhe do gnaiss com bandamento de K- Fd. Pâmela, 2013

Coordenadas UTM: 700048; 7036621

Afloramento em terço superior do grande deslizamento. Na cabeceira, o deslizamento foi solo- solo, onde o solo é muito profundo. Há um degrau de abatimento na cabeceira. A cabeceira está em área de capoeirão. O solo na cabeceira tem aprox 15m.

Descrição do deslizamento

Tipo de ocupação: não ocupada

Vegetação: Capoeirinha em primeiro plano, e capoeirão na cabeceira do deslizamento

Drenagem: drenagem natural

Relevo: montanhoso côncavo- convexo

Local vistoriado: encosta natural

Geometria: alt 15m, larg 70m, inclin 20°

Obras contenção: não

Condição saturação terreno: úmido com surgência

Natureza do material: residual com blocos

Tipologia do movimento: deslizamento translacional

Superfície deslizamento: solo- solo

Litologia: metamórfica

Granulometria: areno- argiloso



Prancha 48: Vista para a cabeceira do deslizamento. Pâmela, 2013

Coordenadas UTM: 700036; 7036637

Cachoeira do deslizamento.

Gnaiss enderbítico, pouco foliado, com blastos escuros de prx e anfibólio de hábito prismático curto levemente ondulados pela foliação.

Foliação gnaissica: $200/80^\circ$

Veio qtz- Fd corta o gnaiss. O veio é de uns 3 cm, com evidências de movimentação sinistral (Qtz- Fd brechados, estruturas S-C, X de Ride).

Orientação 91° (E-W).

A rocha gnaissica também está cortada por dique de andesito pórfiro, com fenocristais de feldspato de 1cm, sobre matriz afanítica escura. Orientação E-W.



Prancha 49: gnaiss cortado por um corpo andesítico. Pâmela, 2013

Coordenadas UTM: 700998; 7037670 Altitude: 200 metros

Afloramento em colúvio. Pequenos blocos rolados de gnaises quartzo- feldspáticos contendo piroxênios. Blocos mais ricos em piroxênios e outros com menores quantidades. Piroxênios têm aproximadamente 0.5 cm de tamanho. Gnaiss e enderbítico.



Prancha 50: Vista geral para o afloramento. Autora, 2011

Prancha 49: Deslizamento rotacional

Coordenadas UTM 699665/7037352

- queda de bloco

- superfície do deslizamento solo-rocha

Terreno muito saturado, úmido; podendo ter continuação do deslizamento

Altura aproximada 120m

Perfil de solo: gleisolo, textura arenosa- argilosa

0 – 0,30 m ➤ refere-se à camada superficial, composta de matéria orgânica e mineral, cor acinzentada a preta. Nesta camada não foi coletada amostra.

0,30 – 1,84 ➤ a amostra 01 coletada a 1,10 m revelou um horizonte B, representando a camada de solo, com presença de sulcos resultantes do escoamento superficial concentrado, a cor é 10YR 5/8 que corresponde a cor yellow brown.

1,84 - 3,70 ➤ camada composta por estrutura em blocos pequeno a médio, a cor também é 10YR 5/8, mesma cor da camada anterior. Coleta da amostra 02 a 2,50m.

3,70 – 3,92 ➤ material aparentemente mais resistente, de cor 5YR 7/8 (amarelo pardo vermelho).

A coleta da amostra 03 foi realizada a 3,80 m.

3,92 – 4,47 ➤ material com aparência siltoso-arenoso, parece um veio, cor cinza claro e pegajoso e com presença de pequenas alcovas de regressão. Cor 5 YR 5/8, (vermelho-amarelado). Coleta da amostra 04 a 4,20 m.

4,47 – 5,07 ➤ material siltico-argiloso e cor 7,5 YR 7/8 que corresponde à cor (amarelo avermelhado). Coleta da amostra 05 a 6,50 m.

5,07 – 11 m ➤ material mais argiloso com presença de alcovas de regressão de tamanho médio a grande. Nesta camada não foi coletada amostra, porque a partir desse ponto as camadas se repetiam como na mesma sequência das descritas acima. Cor 10 YR 6/8, (amarelo castanho).

Foto do detalhe do perfil do solo do deslizamento da prancha 49. Foto: autora, Braço Serafim, 2012



Prancha 49: Amostragem das diferentes camadas e locais de coleta de solo, Ribeirão Alto Serafim. Autora, 2012

Coordenadas UTM: 700719; 7037910 Altitude: 167 metros
Cachoeira ao lado da estrada. Afloramento de gnaiss no corte de estrada.

Afloramento cachoeira: gnaiss com bandas de +/- 10 cm de tonalitos e piroxenitos, de granulação média a fina de textura epido e ideoblástica. Fratura preenchida por um granito cataclasado. Esse apresenta uma composição quartzo- feldspática, com possíveis alterações hidrotermais do feldspato à clorita. Presença de arsenopirita. Direção da fratura do granito é 160° e a foliação do gnaiss é $125^\circ/60^\circ$ e $140^\circ/60^\circ$.



Prancha 50: Vista geral do gnaiss cortado por uma intrusão granítica. Autora, 2012

Coordenadas UTM: 699140; 7038214 Altitude: 167 metros

Afloramento em cachoeira.

Afloram gnaisses semelhantes ao ponto anterior, com cristais um pouco mais estirados, cortados por falhas NE e NW associadas a injeção de granitos equigranulares a inequigranulares. Bandamento com direção $025^{\circ}/60^{\circ}$. A orientação das falhas era $300^{\circ}/90^{\circ}$ e $250^{\circ}/90^{\circ}$.



Prancha 51: Visão geral para o gnaiss cortado por falhas. Pâmela, 2013

Coordenadas UTM: 699081; 7038369 Altitude: 185 metros
Afloramento em encosta natural. Degraís de rastejo na encosta do morro. Segundo o morador, isso ocorreu por volta de 8 anos atrás. Tanto grandes blocos de rocha como uma pequena construção que estava no terreno desceram cerca de 1m.



Prancha 52: Visão geral do terreno que sofreu com rastejos. Schimidtt, 2012

Coordenadas UTM: 699202; 7038131 Altitude: 164 metros
Corte de estrada. Gnaiss tonolítico (quartzo, Fd, +- 10% de máficos).
Textura granoblástica.



Prancha 53: Foto de detalhe do gnaiss máfico. Pâmela, 2013

Coordenadas UTM: 700065; 7039929 Altitude: 257 metros

Afloramento em corte de estrada. Não é possível saber se é 'in situ' ou não.

Gnaiss com bandamentos mais quartzosos alternados com bandamento muito máfico. Estes possuem uma granulação muito fina, sendo que os quartzos possuem um tamanho médio. O solo é bem avermelhado, sendo também assim ao longo da subida.



Prancha 54: Vista geral para o afloramento. Pâmela, 2013

Coordenadas UTM: 699847/ 7040203 Altitude: 329 metros
Afloramento em corte de estrada.

De novo encontra-se uma rocha gnáissica mais máfica. A granulometria aqui é mais grosseira que a anterior. Alguns veios de quartzo sem orientação marcante estão presentes.

Do antigo ponto até este, ao longo da estrada passamos de solo avermelhado a amarelado e avermelhado de novo.



Prancha 55: Rocha gnaissica máfica. Pâmela, 2013

Coordenadas UTM: 699745/ 7040338 Altitude: 342 metros

Cabeceira do deslizamento.

Descrição do deslizamento

Tipo de ocupação: sem ocupação

Tipo de situação: deslizamento ocorrido

Vegetação: arbórea densa

Drenagem: sem drenagem

Relevo: montanhoso convexo

Local vistoriado: encosta natural

Geometria: alt. 60 metros; larg. 80 metros; inclinação 55°

Obras contenção: sem obras de contenção

Condição saturação terreno: úmido com surgência

Natureza do material: solo e blocos rolados. Solo residual bem vermelho

Tipologia do movimento: deslizamento translacional

Superfície deslizamento: solo- solo

Litologia: metamórfica

Granulometria: argilo- arenoso



Imagem 56: Visão para deslizamento. Autora, 2011

Coordenadas: 700314; 7040133 Altitude: 207 metros
Solo mais arenoso e amarelado.



Prancha 57 Vista para o solo encontrado. Por Pâmela Richetti em 25/10/2013.

Coordenadas UTM: 700554; 7040060 Altitude: 170 metros
Alguns blocos de gnaiss com bandamento mais félsico bem marcado.
Depósito coluvionar antigo ao lado da casa.



Prancha 58: Vista para o depósito coluvionar antigo. Por Pâmela Richetti em 25/10/2013.

Coordenadas UTM: 701013; 7039342 Altitude: 104 metros
Colúvio antigo. Coloração mais avermelhada e amarelada misturada no colúvio.



Prancha 59: Visão do solo. Por Pâmela Richetti em 25/10/2013.

Coordenadas: 700572; 7038211 Altitude: 116 metros

Deslizamento em talude de corte.

Alterito heterogêneo de gnaiss. Bandas mais máficas se alternando com bandas mais félsicas.

Descrição do deslizamento

Tipo de ocupação: sem ocupação

Tipo de situação: movimento ocorrido

Vegetação: arbórea densa

Drenagem: vertente de água

Relevo: côncavo

Local vistoriado: encosta artificial

Geometria: alt. 10 metros; larg. 20 metros; inclin. 30°

Obras contenção: sem obras

Condição saturação terreno: úmido com surgências

Natureza do material: solo residual

Tipologia do movimento: rotacional

Superfície deslizamento: solo- solo

Litologia: metamórfica

Granulometria: argiloso



Prancha 60: Vista geral para o talude. Por Pâmela Richetti em 25/10/2013.

Coordenadas UTM: 699348; 7037368 Altitude: 230 metros
Deslizamento no topo do morro. Não é possível ver totalmente sua extensão, nem ver suas características.
Sem ocupação. Plantação de eucalipto e vegetação arbórea densa ao redor.



Prancha 61: Vista para árvores tortas, que estão sobre o deslizamento. Por Pâmela Richetti em 25/10/2013.

Coordenadas UTM: 699372/ 7036120 Altitude: 186 metros

Deslizamento em corte de estrada.

Vegetação arbórea densa no topo do talude. Deslizamento: solo- solo.

Inclinação 70°, alt. 10 e larg. 25 metros. Sem obras de contenção.



Prancha 62: Vista geral do deslizamento. Por Pâmela Richetti em 25/10/2013.

Coordenadas UTM: 699242; 7035662 Altitude: 221 metros

Afloramento em corte de estrada.

Rocha muito fraturada, com orientações $285^{\circ}/55^{\circ}$, $311^{\circ}/55^{\circ}$ e $293^{\circ}/55^{\circ}$.

Gnaiss muito bandado. Bandamentos ricos em qtz alternados por uns ricos em K-Fd. Orientação do bandamento: $240^{\circ}/90^{\circ}$.

Algumas camadas são ricas em Fd.



Prancha 63a: Vista geral do afloramento. Por Pâmela Richetti em 25/10/2013.



Prancha 63b: Visão de detalhe do gnaiss bandado.

APÊNDICE B: MAPEAMENTOS MORFOESTRUTURAIS

Foto: Autora. Deslizamento rotacional, detalhe de dobramento em rocha gnaisse. Ribeirão Máximo, 2013