

Levantamento de susceptibilidade a deslizamento e erosão em encostas – estudo de caso: Morro da Cruz – Itajaí – SC

Giann Thiago Moro¹
Luís Vinícius Mundstock Porto de Souza¹
Efigênia Soares Almeida¹

¹ Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI
Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar (CTTMar)
Rua Uruguai, 458 – Bloco 20 – Sala 215
88302-202 – Caixa Postal 360 – Centro – Itajaí – SC – Brasil
giann_moro@hotmail.com; vinicius@univali.br; efigenia@univali.br

Abstract. With the uncontrolled process of urbanization in the downtowns, occupations began to appear in inappropriate places, endangering the safety and the quality of life. This work discusses the survey data for evaluation of areas susceptible to mass movement on slopes, mainly focused in study of landslides, falling blocks and erosion natural waterfalls paths. The movements are usually related to local geology, slope, suppression of vegetation, weather events and urban expansion at the base of slopes, factors that accelerate the process of landslides. For development work on the slopes of Study Area (Cross's Hill, Santa Catarina, South of Brazil). Were conducted field surveys, analysis of soil and rock, physical maps that allowed a detailed assessment of the current situation that a slope of study area and is generation of maps using GIS. For the formulation of the maps, was used in the laboratory, the model of fragile natural potential with support in UTB-Basic Territorial Units, that the methodology was developed by INPE. To transform the information obtained in maps, an equation was developed bringing together the main components of the index of fragility: the geology, soil characteristics, slope, land use and occupation of the soil and climate. As results, we obtained the map fragility-environmental risk for the slope of the hill where the cross is located UNIVALI.

Keywords: GIS, environmental risk, image processing, erosion, SIG, risco ambiental, processamento de imagens, erosão.

1 INTRODUÇÃO

A degradação dos recursos naturais tornou-se uma das maiores preocupações do século XXI, em que o processo de urbanização descontrolado coloca em risco a segurança e a qualidade de vida da população, principalmente nos grandes centros urbanos.

Conforme constatação feita por Dias (2002, p. 20-21) “os seres humanos agora constituem uma espécie majoritariamente urbana” e o processo de transição foi incapaz de prever o uso e a ocupação do solo de forma planejada, como consequência as cidades começaram a ter problemas na sua infraestrutura.

Com este desequilíbrio dentro das cidades e a impossibilidade de moradia em locais aptos, inúmeras pessoas acabam passando a ocupar as encostas de morros com assentamentos precários. Durante a ocupação ocorre a supressão da vegetação e o acúmulo de lixo nas encostas, comprometendo a drenagem pluvial, e favorecendo a erosão e deslizamentos de terra; principalmente quando associadas a chuvas intensas ou prolongadas. Cenário que tornou-se realidade em novembro de 2008, quando a região do Vale do Itajaí sofreu grandes prejuízos econômicos e ambientais, devido à fortes chuvas que ocasionaram deslizamentos e a inundação de 80% do município de Itajaí.

Por tais motivos, o principal objetivo deste trabalho foi levantar as condicionantes naturais, ambientais, de uso e ocupação, avaliar as áreas com maior susceptibilidade a deslizamento e erosão e geoespacializar as informações analisadas na forma do Mapa de Fragilidade da encosta do Morro da Cruz.

Os modelos de fragilidade ambiental apresentados em estudos são variações do modelo de Vulnerabilidade Natural à Erosão, de acordo com Crepani et al. (1996) e podem ser utilizados para prever e orientar o planejamento ambiental.

2 METODOLOGIA

O Município de Itajaí está localizado no litoral norte de Santa Catarina, no baixo Vale do Itajaí, na foz do rio Itajaí Açu, está na Latitude 26°54'28" Sul, e Longitude 48°39'43" Oeste, (South America 1969 Datum). Tem como limites territoriais ao norte: o município de Navegantes; ao sul: Camboriú e Balneário Camboriú; a oeste: Ilhota, Brusque e Gaspar; e ao leste: o Oceano Atlântico. A cidade é basicamente plana, o local mais alto fica na área de estudo deste trabalho.

O clima é mesotérmico úmido, com temperatura média entre 16 a 25°C. As chuvas apresentam um regime mais intenso no verão, variando entre 1400 a 2000 mm anuais PMI (2009). A umidade do ar equivale a 84 %, e a pressão atmosférica média é de 1010,0 milibares. Itajaí situa se a 1m acima do nível do mar, e seu bioma é a Mata Atlântica.

As rochas da região são metamórficas, pertencentes ao Complexo Brusque. Os tipos de solos encontrados são o Cambissolo Háplico e o Argissolo Vermelho – Amarelo. (AVA), Robeck (2003). Este solo vermelho – amarelo compõe aproximadamente 47% da área do município (PMI, 2009).

A área de estudo, é uma parte da encosta do Morro da Cruz situada atrás do campus da UNIVALI em Itajaí, conforme figura a seguir.

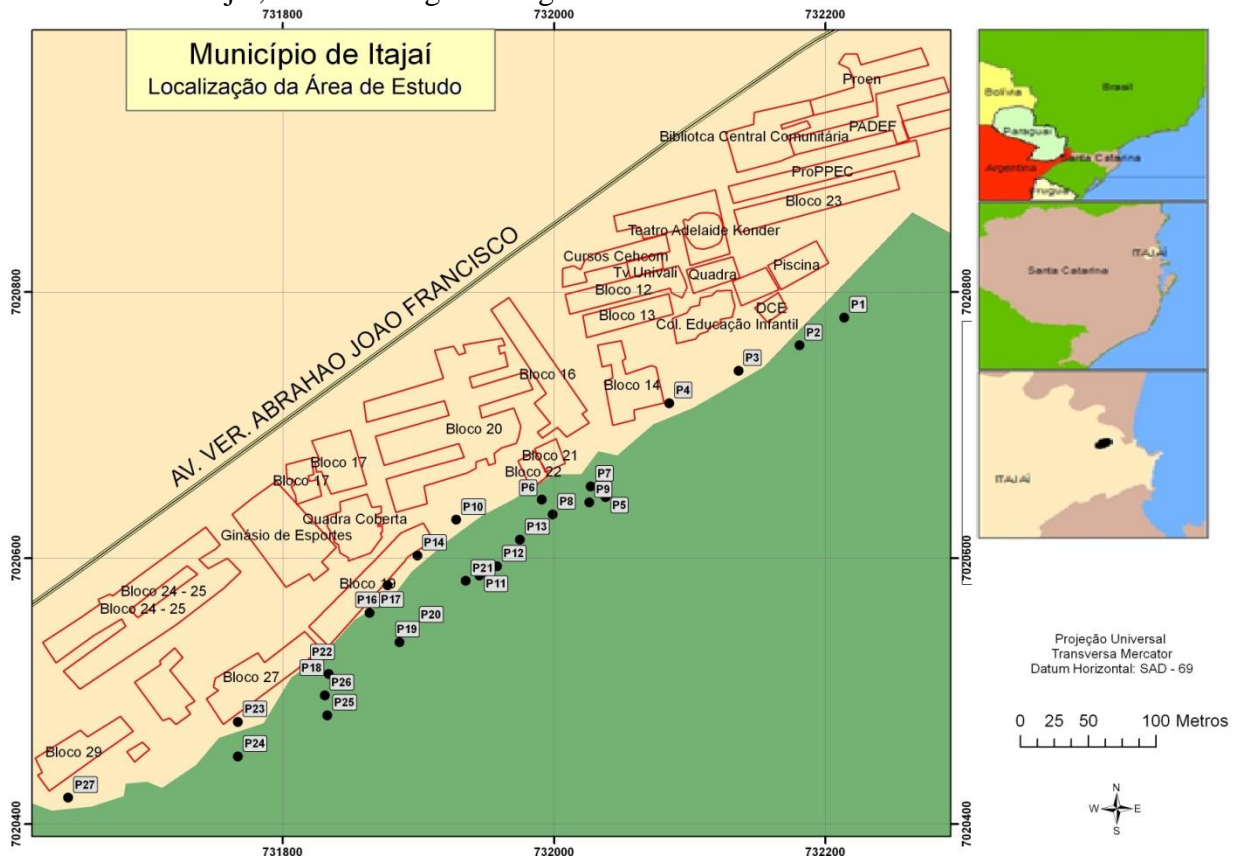


Figura 1: Área de estudo.

A metodologia da fragilidade empírica proposta por Ross (1994) fundamenta-se no princípio de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre seus componentes físicos e bióticos.

Com esta base em campo foi feito o levantamento básico do relevo, solo, geologia, clima, uso do solo, cobertura vegetal e a ação da água. Posteriormente, essas informações foram analisadas gerando o Mapa de Fragilidade. Além da utilização de dados já existentes: estudo geofísico e topográfico da parte da encosta, voltada para a estrutura da universidade.

Entre os modelos existentes optamos por utilizar para a análise da fragilidade ambiental o Modelo de Fragilidade Potencial Natural com apoio em UTB– Unidades Territoriais Básicas.

Desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) metodologia usada para elaborar mapas de Vulnerabilidade Natural à Erosão Crepani et al. (1996).

No estudo da bibliografia foram encontradas inúmeras definições para as ligações e relações do meio com a vulnerabilidade e a susceptibilidade, em virtude do objetivo do trabalho, adotou-se a definição de Merz (2007): “A vulnerabilidade é composta dos elementos susceptibilidade (área afetada) e exposição (quem ou o que será afetado)”.

Ao aplicar os levantamentos bibliográficos em campo foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto para identificar objetos presentes na área de estudos, assim como seus elementos, podendo caracterizar em laboratório e depois os mapear *in loco*. Onde as informações foram georreferenciadas no SIG.

2.1 METODOLOGIAS PARA MAPAS DE FRAGILIDADE – RISCO AMBIENTAL

As etapas intermediárias para a elaboração do mapa síntese seguem as construções das cartas de declividade ou padrões de formas do relevo, de solo e de uso e cobertura vegetal. As informações de geologia e clima são utilizadas em conjunto com as demais cartas como fonte adicional de dados.

Para a elaboração e confecção do Mapa de Fragilidade – Risco Ambientais para o Morro da Cruz – Itajaí, Santa Catarina, foi utilizada a metodologia proposta por Crepani et al. (1996)

Após adaptada a metodologia (primeiro a redução da escala, onde no estudo inicial de Crepani era pra unidades da Amazônia, e este trabalho resumiu a apenas um lado de encosta, assim como foram inseridas informações de campo para ajudar nas decisões de pesos, entre outros), primeiramente foi confeccionado o mapa de unidades homogêneas de paisagem, obtido através da análise e interpretação de imagens de satélite CBERS com as informações contidas no Plano Diretor do Município de Itajaí e a Base Cartográfica do IBGE/Epagri, e validadas com as amostras georreferenciadas *in loco*.

Posteriormente, é feita uma classificação do grau de estabilidade ou vulnerabilidade de cada unidade ambiental, segundo as relações entre os processos de morfogênese e pedogênese, distribuídas na tabela abaixo.

Tabela 1: Valores de Estabilidade de Unidades de Paisagem em função da razão entre as características pedogênicas e morfogênicas de uma área. CREPANI et al., 1996

Unidade Relação	Pedogênese/Morfogênese	Valor
Estável	Prevalece a pedogênese	1
Intermediária	Equilíbrio entre a pedogênese e a morfogênese	2
Instável	Prevalece a morfogênese	3

Esta metodologia foi desenvolvida a partir do conceito de ecodinâmica de Tricart (1977), a qual se baseia na relação morfogênese/pedogênese, e da potencialidade, para estudos integrados das imagens TM-LANDSAT; uma vez que permitem uma visão sinótica e holística da paisagem. Quando predomina a morfogênese prevalecem os processos erosivos modificadores das formas de relevo, e quando predomina a pedogênese prevalecem os processos formadores de solos.

Para cada classe analisada foi realizado uma identificação, classificação dos valores e posteriormente atribuição dos pesos aos níveis de fragilidade – risco ambiental. Para isso, usaram-se as tabelas elaboradas por Crepani et al. (1996) com valores de estabilidade/vulnerabilidade para os temas Geologia, Pedologia e Uso solo/Cobertura Vegetal.

Para cada unidade geológica apresentada, foram analisadas as composições das rochas, assim como feitas coletas de solo em campo, para que fosse possível analisar suas características e propriedades, obtendo um retrato real para o trabalho.

O tema declividade recebeu os valores através das classes de ângulos formados pelo relevo. A declividade foi dividida em 8 classes.

Para as classes apresentadas no mapa de Uso e Ocupação do Solo, os valores foram comparados com a classificação da vegetação estabelecida por Crepani et al adaptando os valores de uso de solo. Os valores da mata atlântica pelas características da região foram comparados com os valores de Floresta Estacional Semidecidual, a capoeirinha foi comparada com a vegetação Edáfica Arbórea Aberta.

As classes apresentadas no mapa de precipitação, tiveram seus valores definidos com relação às características da região. No caso da área de estudo, toda ela esta inserida dentro da precipitação acima de 1600 mm / ano. A Tabela 2 refere-se aos valores utilizados para as classes encontradas nos mapas de Geologia, Solos, Declividade, Uso e Ocupação do Solo e Índice de Precipitação.

Tabela 2 – Lista de Parâmetros utilizados na elaboração do Índice de Fragilidade. Adaptado de Crepani et al.

Parâmetro	Peso	Descrição
Unidades Geológicas	1	Sedimentos Holocênicos Aluvionares
	2	Grupo Brusque
Unidades Pedológicas	1	Argissolo Vermelho Amarelo
	2,5	Cambissolo Háplico
	3	Gleissolo
	3	Neossolo Litólico
Declividade (Graus)	1	0 – 5
	1,3	5 – 10
	1,6	10 – 15
	1,9	15 – 20
	2,2	20 – 25
	2,5	25 – 30
	2,8	30 – 35
Uso e Ocupação do Solo	3	>35
	1,6	Mata Atlântica
	1,9	Capoeirinha
Índice de Precipitação (mm/ano)	2	Área urbana e uso Misto
	1,7	< 1600
	2,5	> 1600

Diante dos diferentes estados de equilíbrio e desequilíbrio que o ambiente está submetido, Ross (1994) sistematizou uma hierarquia nominal de fragilidade representada por códigos: muito fraca (1), fraca (2), média (3), forte (4) e muito forte (5).

Dentro dos valores obtidos e cruzando com o grau de vulnerabilidade proposto por Crepani, foi gerada a tabela de Fragilidade para a área de estudo, onde:

Tabela 3. Índice de Fragilidade para área de estudo

Índice de Fragilidade	Intervalo de Classe
Muito baixo	1,25 – 1,5
Baixo	1,5001 – 1,75
Médio	1,7501 – 2,00
Alto	2,0001 – 2,25
Muito alto	2,2501 – 2,55

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processamento em mapas através do SIG possibilitou a análise comparativa entre o que foi levantado em campo (declividade, cobertura vegetal, relevo, características do solo), com as imagens de satélites (nas quais foram obtidas curvas de nível, relevo, cobertura vegetal

junto com informações do plano diretor do município), onde foi feita a elaboração de mapas confrontando estas informações.

Vários são os fatores que determinaram a veracidade do mapa de risco, sendo o mapa de relevo fundamental, devido à relação que existe entre a vegetação, a água, o solo e o microclima. A relação solo planta pode explicar os padrões de distribuição que geram informações para identificação das potencialidades e restrições ao uso do solo urbano e rural e para a mitigação de impactos ambientais, como por exemplo, a deflagração de processos erosivos. A Figura 2 demonstra o relevo da área de estudo.

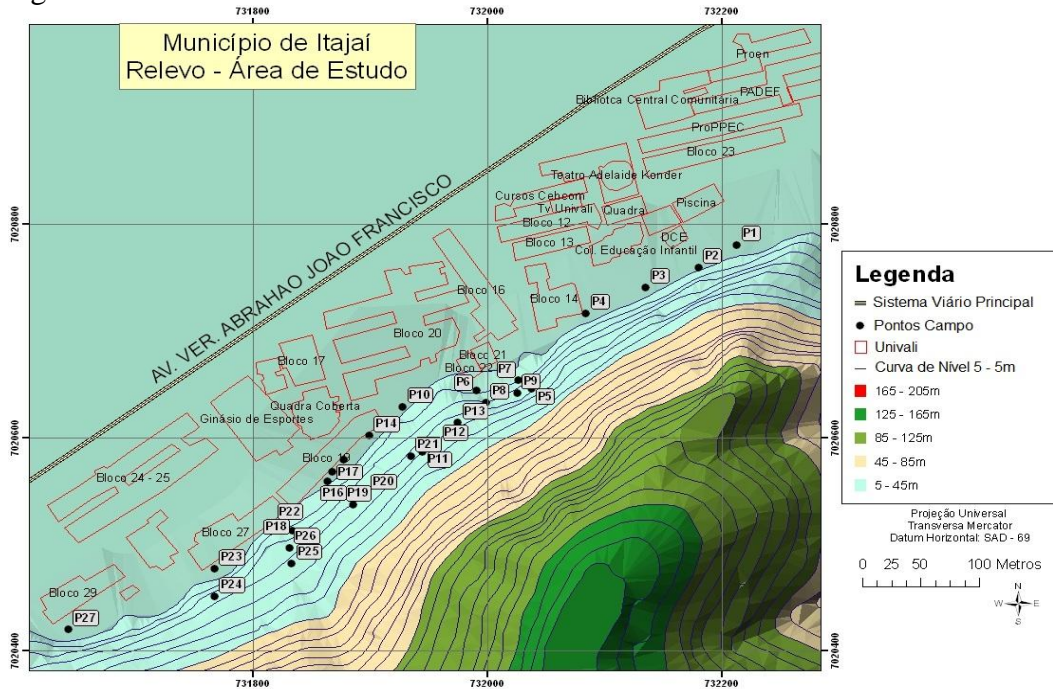


Figura 2. Relevo da área de estudo.

A declividade é um fator de extrema importância no estudo de fragilidade – risco ambiental, recebendo em muitos casos o maior peso no fator de multiplicação no índice de fragilidade.

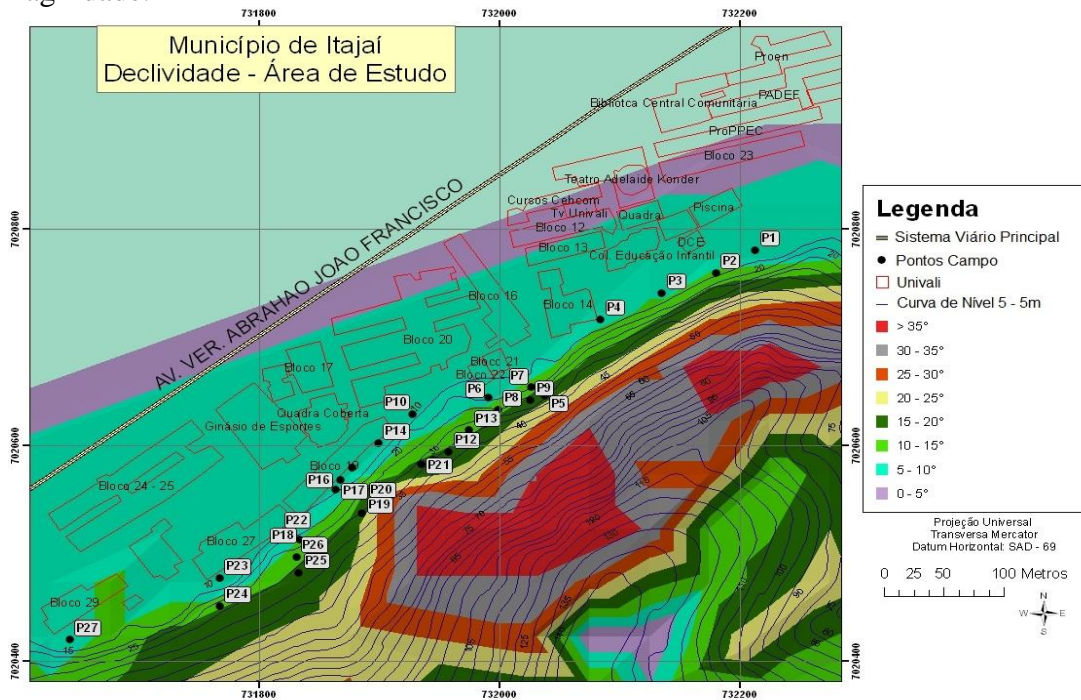


Figura 3. Mapa de declividade para a área de estudo.

3.1 MAPA DE RISCOS

Para o cálculo do índice de Fragilidade – Risco Ambiental foi utilizado à equação:

$$If = 0,23 \times G + 0,27 \times D + 0,21 \times S + 0,15 \times C + 0,14 \times U \quad (1)$$

Em que *If* é o índice de fragilidade, *G* a geologia, *D* a declividade, *S* o solo, *C* o clima (precipitação) e *U* o uso e ocupação do solo.

No fator clima, foram considerados somente os dados de precipitação média para o ano de 2009 na área de estudo, o que permitiu importantes constatações relacionadas aos problemas já existentes. O resultado segue na Figura 4.

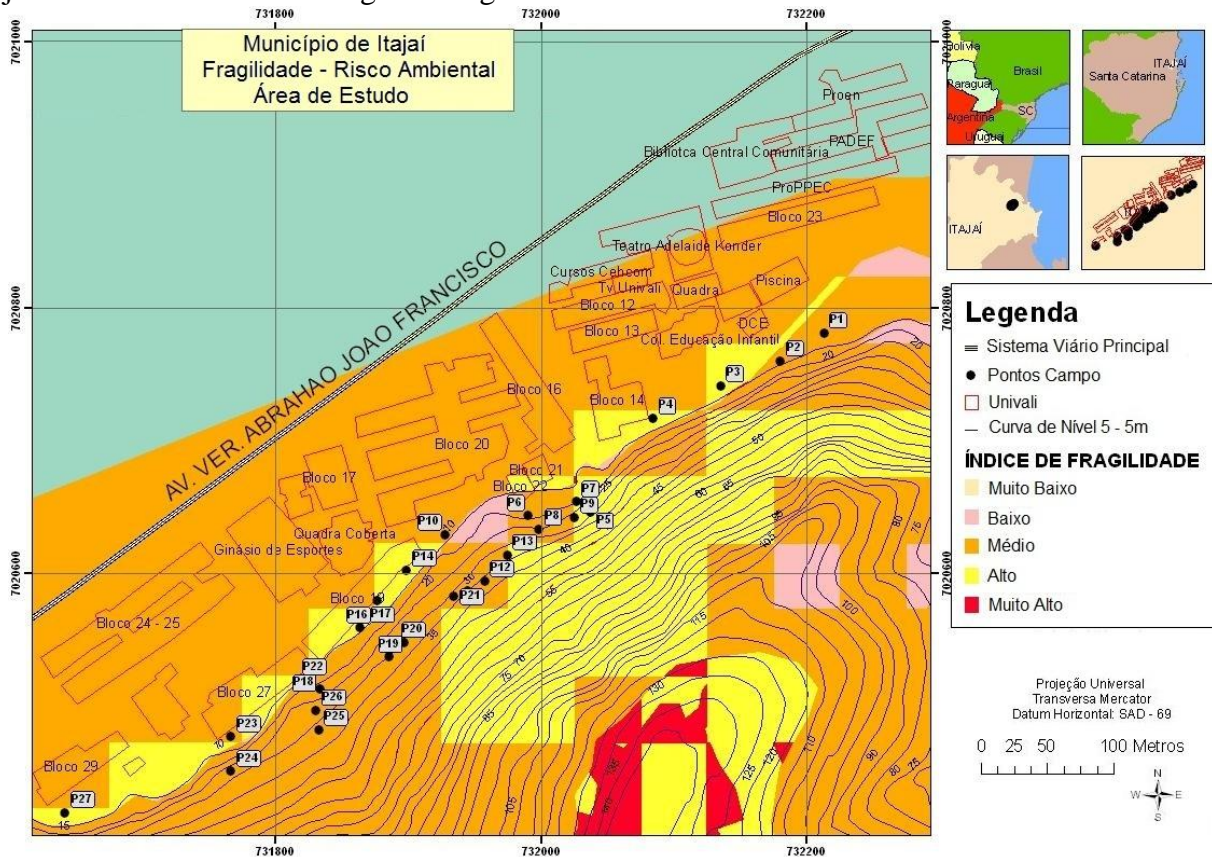


Figura 4. Mapa de Fragilidade – Risco Ambiental para a área de estudo P1 ao P 27.

Ao analisar o mapa elaborado, foi possível identificar os Pontos mais susceptíveis a ocorrência de deslizamentos e processos erosivos, de norte a sul: P3 localizado no Paredão de Solo Exposto (Mapa e Campo); P5; P7; P9 entre os blocos 16 e 22 (Mapa e Campo); e o P14 por ser uma área com drenagem de concreto comprometida e apresentar pequenos movimentos de massa ao seu entorno (Mapa e Campo), aliado ao fato de estar muito próximo as estruturas da universidade.

O Paredão de Solo Exposto compreende do ponto 1 ao ponto 3, sendo o P3 o que apresenta maiores riscos as estruturas, devido não somente a declividade mais ao tipo de solo presente nos mapas elaborados em laboratório, onde o mesmo ficou dentro da classificação de Cambissolo Háplico que possui um valor de 2,5 no índice e puxa o índice de fragilidade para alto.

O ponto localizado no Bloco 14 apresentou índice de fragilidade alto, devido principalmente ao tipo de solo, (Cambissolo Háplico) e ao parâmetro uso e ocupação do solo. Já que o peso recebido foi de 2, devido não ter vegetação e estar dentro do centro universitário. Porém o mesmo não apresenta riscos as estruturas da universidade e as pessoas que estão próximas ao local.

Entre os Blocos 16 e 22, pode – se notar que os pontos (P5, P7 e P9) passaram a oferecer um risco alto para as estruturas da universidade e por consequência as pessoas que ali convivem.

E o ponto atrás do bloco 29, P27 apresentou um índice de fragilidade alta, devido principalmente ao tipo de solo Cambissolo Háplico (solo pouco evoluído, alta erodibilidade) e/ou por estar exposto.

Depois de detectados os principais pontos com riscos a ocorrência de deslizamento ou processos erosivos para a área estudada, elaborou – se o gráfico abaixo demonstrando qual a porcentagem de risco com relação aos pontos.

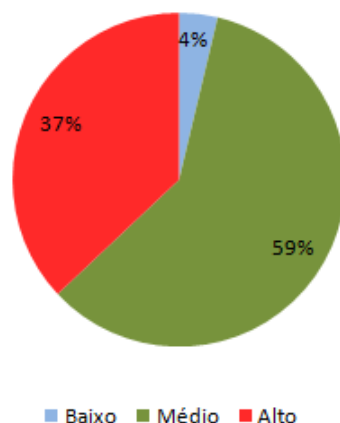


Figura 5. Porcentagem de pontos com risco as estruturas da Universidade.

4 CONCLUSÕES

Durante a elaboração deste trabalho foram encontradas dificuldades relacionadas a obtenção dos dados para elaboração dos mapas, devido ao formato de vários arquivos não serem compatíveis com o programa utilizado, ou a escala de alguns mapas serem maiores que a utilizada, criando erros incompatíveis com os objetivos definidos.

A escolha dos “pesos” (valores atribuídos) em sua grande maioria é um tanto arbitraria e subjetiva, dependendo muitas vezes da percepção e experiência do analista. Em casos onde existem grandes quantidades de informações os valores atribuídos tendem a um grau de confiabilidade maior, que em locais cujos dados são de difícil acesso e/ou indisponíveis, e não é possível coletar tais informações torna-se difícil avaliar o quanto cada uma destas variáveis contribui para se estabelecer o índice de fragilidade.

Devido à metodologia empregada para a realização deste trabalho, foi possível atender o objetivo geral. Através das fontes de dados (saídas de campo, do levantamento de informações já existentes com novos dados coletados na área de estudo), foi possível elaborar o Mapa de Fragilidade – Risco Ambiental para a encosta do Morro da Cruz. A principal contribuição do modelo empregado é proporcionar uma maior agilidade no processo de tomada de decisões.

Durante a fase final de desenvolvimento deste trabalho teve início a retirada da vegetação exótica da área estudada, propiciando mudanças no relevo da encosta, entre outras características. Estes novos fatores podem aumentar ou diminuir os riscos perante as estruturas e pessoas que convivem nas áreas de base da encosta, sendo recomendado o monitoramento contínuo e estudo específico das novas condições.

5 REFERÊNCIAS

ABGE. **Curso de Geologia aplicada ao Meio Ambiente** / | coordenação geral Omar Yazbek Bitar|, São Paulo. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Geologia, 1995. 247 p.

BORDEN, K. A. Vulnerability of U.S. Cities to Environmental Hazards. **Journal of Homeland Security and Emergency Management**, California, EUA, v.4, n.2, 2007

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P. & FLORENZANO, T. **Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico**. São José dos Campos: INPE, 1996.

DIAS, Genebaldo Freire. **Pegada ecológica e sustentabilidade urbana**. São Paulo: Gaia, 2002.

FERGUSON, B. K. **Storwater infiltratio**. Boca Raton/FL. EUA: CRC Press, 1994. 269 p.

INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA (IPT) - **Instabilidade da Serra do Mar no Estado de São Paulo, Situações de Risco, Ações Necessárias**. Secretaria de Ciência e Tecnologia - Secretaria do Meio Ambiente, vol. I, (1980).

IPT, São Paulo – SP, **Manual de Geotecnia. Taludes de Rodovias** – Orientação para diagnóstico e soluções para os seus problemas, 1991 DER SP.

MERZ, B. *et al*, Flood risk mapping at local scale: concepts and challenges. In: BEGUM, S. *et al*, **Flood Risk Management in Europe: innovation in policy and practice**. Inglaterra: Springer, 2007.

ORMOND, J. G. P. **Glossário de termos usados em atividades agropecuárias, florestais e ciências ambientais**. Rio de Janeiro: BNDES, 2004. 292 p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ (PMI). **Dados gerais do Município**. Disponível em <<http://www.itajai.sc.gov.br/>>. Acessado em abril de 2009.

ROBECK, Sabrina. **Proposta de Mapeamento Geotécnico para O Município de Itajaí-SC**, Itajaí, 2003, 82 f. Monografia (Trabalho Integrado de Conclusão de Curso – Engenharia Civil). Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar (CTTMar), Universidade do Vale do Itajaí.

ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**. *Revista do Departamento de Geografia*, n.8, p. 65, 1994.

SÃO PAULO. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Governo de São Paulo. **Prevenção de Deslizamentos em Encostas**. Disponível em: <<http://www.ipt.br>>. Acesso em: 19 jun. 2009.

SMITH, A. O, Theorizing Vulnerability in a Globalized World: A Political Ecological Perspective. In: BANKOFF, G. *et. at*, **Mapping Vulnerability: Disasters, Development, and People**. Inglaterra: Earthscan, 2004. p. 10-24.

Spörl, C.; Ross, J. L. S. **Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos**. *GEOUSP - Espaço e Tempo*, São Paulo, n. 15, p.39-49, 2004.

TRICART, J. **Ecodinâmica**, Rio de Janeiro, (Recursos Naturais e Meio Ambiente) IBGESUPREN, p. 91, 1977.

ZUQUETTE, Lázaro V.; GANDOLFI, Nilson. **Cartografia Geotécnica**. São Paulo: Copyright, 2004.