

ESTUDO DE RISCO A ESCORREGAMENTOS EM ÁREA URBANA NO MUNICÍPIO DE BLUMENAU, SC

FERNANDO DA FONTOURA XAVIER ¹
PAULO EGYDIO BERKENBROCK ²

¹ TECGEO Sondagens Geofísicas. Rua Maria Popper, 120 – Bairro Asilo – Blumenau – CEP 89037-300. Fone/fax: 47-3283253. E-mail: tecgeofisica@tecgeofisica.com.br

² UNIVALI – Curso de Engenharia Ambiental. Rua Maria Popper, 120 – Bairro Asilo – Blumenau – CEP 89037-300. Fone/fax: 47-3283253. E-mail: paulo_egydio@universiabrasil.net

RESUMO

Este projeto apresenta as atividades desenvolvidas e os resultados obtidos na temática Geologia e Geotecnia no projeto “Um olhar sobre as áreas de risco a deslizamento em encosta no Município de Blumenau/SC”. O projeto visa fornecer subsídios técnicos às ações governamentais na área em questão (Bairro Velha Grande), localizado na porção Oeste do Município de Blumenau – SC (Figura 1).

Foram definidas as principais características fisiográficas/geotécnicas/geológicas, determinando o grau de risco a escorregamentos na área estudada. Os dados aqui apresentados e os mapas geológico e geotécnico de risco foram obtidos através de consulta a documentos da Prefeitura Municipal de Blumenau, documentos da CPRM (Porto Alegre – RS), mapas topográficos, análises de aerofotos e mapeamento geológico-geotécnico. Desta forma tem-se como objetivo auxiliar a Prefeitura Municipal de Blumenau e técnicos envolvidos no planejamento de uso e ocupação do solo, levando-se em consideração o meio físico local.

Palavras-Chave: Escorregamento, Estruturas Geológicas, Risco Geológico.

ABSTRACT

This project presents the activities developed and the results obtained in the thematic Geology and Geotechny in the project “A Look About the Areas of Risk of landslides in Slopes in the Town of Blumenau/SC”. This project aimed at supply subsidies technical to the governmental actions in the area in question (Bairro Velha Grande), located in the portion West of the Town of Blumenau – SC (figure 1). They were defined the main characteristics fisiographyc/geotechnical/ geological, determining the rank of risk to landslides in the area studied. The facts here presented and the ground and geological maps of risk were obtained about of consultation to documents of the Municipal city Hall of Blumenau, documents of the CPRM (Porto Alegre – RS), topographical maps, analyses of aerial photographs and map geology-geotechny. In this way we intend to help the Municipal city Hall of Blumenau and technicians involved in the planning of use and occupation of him soil, leading itself in consideration the local physical environment.

Keywords: Landslides, Geological Structures, Geological Risk.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho faz parte do Projeto FUNCITEC (4858/2004-5) “Um olhar sobre as áreas de risco a deslizamentos em encosta no Município de Blumenau, SC”. Este projeto trata da avaliação de risco através dos seguintes temas: geologia/geotecnia, percepção do risco, índice pluviométrico e estudo da vegetação. A avaliação do risco a escorregamentos foi realizada através de mapeamento geológico/geotécnico

METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi desenvolvida a partir da proposta de mapeamento e avaliação do risco a escorregamentos de autoria de AUGUSTO FILHO (1992). Na Figura 2 apresentamos o fluxograma que identifica as etapas para o desenvolvimento dos trabalhos.

LEVANTAMENTO DE DADOS

Os dados levantados dizem respeito à infraestrutura cartográfica (mapas e fotografias aéreas), mapeamentos geológicos realizados, eventos geológicos já ocorridos e intervenção do poder público.

O mapeamento geológico realizado pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais)-Projeto Mapeamento Básico Timbó-Barra Velha, folhas Blumenau, Gaspar, Itajaí e Barra Velha., escala 1:50.000 serviu como base para o trabalho de mapeamento geológico/geotécnico. Os mapas topográficos disponíveis e fornecidos pela Prefeitura de Blumenau são nas escalas de 1:50.000, 1:10.000 e 1:5.000. As fotografias aéreas são nas escalas de 1:25.000 (levantamento: 1980) e 1:8.000 (levantamento: 1993).

A intervenção do poder público municipal se dá em três áreas: saúde, social e infraestrutura urbana (drenagem, alargamento de vias, água tratada, coleta de lixo, iluminação e transporte coletivo).

INVESTIGAÇÃO DE SUPERFÍCIE

Primeiramente foram utilizados os mapas topográficos e as aerofotos para gerar as cartas básicas (declividade, drenagem e fotolineamentos).

As interpretações aerofotogeológicas proporcionaram informações sobre o padrão de drenagem, a geologia da área, grau de permeabilidade da rocha, geomorfologia, vegetação, ocupação urbana e cicatrizes de escorregamentos (Figura 3).

A estrutura da rede de drenagem é multidirecional ordenada, obedecendo ao padrão retangular-dentrítico (Figura 3). Este padrão evidencia o forte controle estrutural onde os principais rios estão colocados nos planos de fraqueza e os afluentes nos blocos deslocados pelas falhas. A alta densidade de drenagem indica a baixa permeabilidade, resultando no rápido escoamento da água superficial e pouca infiltração no solo.

Os fotolineamentos indicam duas direções preferenciais das fraturas geológicas, sendo NE e NW. O acamadamento também é evidenciado e tem direção preferencial NE. Os cruzamentos destas estruturas são evidentes indicando os locais como de potencial para ocorrência de movimentos de massa.

Geologia da Área

A base geológica utilizada foi a do Projeto Timbó-Barra Velha, Folha Blumenau (CPRM, 1981) na escala de 1:50.000.

Geologicamente a região é cratônica arqueana, materializada pelas rochas do Complexo Granulítico de Santa Catarina, uma cobertura dobrada de plataforma, representada pelos sedimentos do Grupo Itajaí e por depósitos quaternários continental, representados pelos aluviões do Ribeirão da Velha. Localmente afloram os sedimentos do Grupo Itajaí e os aluviões quaternários do Ribeirão da Velha. O Grupo Itajaí é constituído por duas formações, Gaspar e Campo Alegre (Figuras 4 e 4a).

A Formação Gaspar é composta por dois membros, arenítico e conglomerático. Na área afloram predominantemente o membro arenítico composto por arenitos médio a finos raramente intercalados com folhelhos e siltitos. São maciços à grosseiramente acamadados nas porções de arenito médio e acamadados na porção de arenito fino. Tem coloração cinza azulada a bordô. No geral os afloramentos estão alterados e friáveis, e quando inalterados mostram-se bastante endurecidos.

A Formação Campo Alegre é composta por uma sucessão cíclica, bem acamadada, basicamente constituída por uma alternância rítmica marcante entre arenitos finos e pelitos. São observadas feições estruturais do tipo dobras abertas e simétricas ocorrendo principalmente na porção pelítica e/ou arenito fino.

Geologia Estrutural

O mapeamento das estruturas geológicas foi realizado visando à análise de estabilidade de taludes, pois suas relações são evidentes. O método de avaliação de taludes através da técnica de projeção estereográfica é utilizado principalmente para maciços rochosos, com estruturas geológicas marcantes. Os estereogramas permitem a representação espacial das relações entre as atitudes das estruturas geológicas presentes no maciço e as atitudes dos taludes. Também auxiliam na previsão da geometria mais provável da estabilização.

As atitudes dos planos foram plotadas em estereogramas (rede de Wulff e rede de Kalsbeek) e assim definimos três famílias de estruturas. A primeira relacionada com as fraturas de direção NW-SE ($325^{\circ}, 84^{\circ}$), a segunda com as fraturas NE-SW ($240^{\circ}, 80^{\circ}$) e a terceira relacionada ao acamadamento de direção NE-SW ($058^{\circ}, 30^{\circ}$). Através dos estereogramas também se observa a existência de três cruzamentos destes planos. Dois cruzamentos são entre o acamadamento e os planos de fraturas NW-SE e NE-SW, e o terceiro se dá entre os próprios planos de fratura. Estes cruzamentos estão representando os pontos de ruptura da rocha, servindo de agente predisponente aos movimentos de massa. Também indicam a geometria de ruptura em cunha como a mais provável de ocorrência nos escorregamentos nos cruzamentos de planos. Já ao longo do plano de acamadamento ocorre a ruptura do tipo planar. (HOEK & BRAY, 1981)

Observa-se ainda que a direção preferencial para os movimentos de massa é para sudeste (114°), secundariamente poderá haver movimentação para nordeste (028°) e norte.

Ainda, encostas com direções nordeste e noroeste são as mais favoráveis aos movimentos de massa, principalmente se a encosta tiver declividade acima de 30° (Figura 5).

MODELO FENOMENOLÓGICO

O modelo fenomenológico procura identificar os agentes (predisponentes e efetivos) e causas dos escorregamentos, assim como sua geometria, mecanismo e natureza do material mobilizado. (GUIDICINI & NIEBLE, 1976)

Os principais agentes predisponentes são o complexo geológico (estruturas e composição), o complexo morfológico (vales em “V” fechados), a gravidade (declividade acentuada) e o clima. Já os agentes efetivos são chuvas intensas, chuvas acumuladas, erosão pela água, ação de fontes, variação do lençol freático e a ação humana. As causas estão relacionadas com a redução dos parâmetros de resistência por intemperismo, mudança na geometria do sistema, erosão

retrogressiva e rebaixamento rápido do lençol freático.

A geometria (baseada em HOEK & LONDE, 1974 e PITEAU & MARTIN, 1981) relaciona os tipos de rupturas com a distribuição espacial das discontinuidades em maciços rochosos. Na área, as geometrias das rupturas existentes são do tipo circular, planar, em cunha e tombamento de bloco. Movimentos do tipo rolamento de blocos e rastejo também são comuns na área.

Os principais mecanismos (também baseado em HOEK & LONDE, 1974 e PITEAU & MARTIN, 1981) de movimentação são os decorrentes de cisalhamento e tração.

A ação antrópica tem papel significativo quanto aos movimentos de massa, pois causam os chamados escorregamentos induzidos. Suas principais características são lançamento e concentração das águas pluviais, lançamento de águas servidas, vazamento na rede de abastecimento, fossa sanitária, declividade e altura excessiva de cortes, execução inadequada de aterros, deposição de lixo doméstico e remoção da cobertura vegetal.

Os materiais mobilizados são: solo + rocha + entulho + lixo doméstico. Esta diversidade de material corresponde a diferentes comportamentos de movimentação, variando na sua área de abrangência, extensão lateral e alcance linear.

Geotecnia

O comportamento geotécnico das formações geológicas Gaspar e Campo Alegre são diferenciados. Na Formação Gaspar (membro arenítico) as principais características geotécnicas dizem respeito à textura maciça a grosseiramente acamadados nas porções de textura média, finamente acamadados nas porções de textura mais fina, solos pouco espessos e friáveis, alteração em forma de blocos e matacões, erosão diferencial, tombamento e rolamento de blocos e matacões, escorregamentos circulares e em cunha.

Na Formação Campo Alegre as principais características são solos espessos e predominantemente argilosos e pouco friáveis, os sedimentos são finamente acamadados, alterados, e dobrados (pequena e grande escala) e presença de escorregamentos circulares e planares.

Desta forma em termos de comportamento geotécnico, os sedimentos da Formação Campo Alegre são mais estáveis quanto aos movimentos de massa que os sedimentos da Formação Gaspar.

São observados ainda solos transportados (tálus), rastejo, feições do tipo “piping”, sulcos, marcas de quedas e rolamento de blocos como também abatimento no solo.

As intervenções/obras tanto do poder público como de particulares são geralmente mal dimensionadas e sem critérios técnicos adequados. As obras são, principalmente, de drenagem, contenções de encostas e alargamento de vias. O sistema de drenagem das águas pluviais é ineficiente, mal dimensionado e de vida útil pequena, pois as vias não são pavimentadas e é comum a presença de dejetos domésticos e entulhos obstruindo as tubulações.

A presença do nível freático foi determinada através de poços escavados existentes em toda a área estudada e fica entre 3 e 4m de profundidade.

Os solos são arenosos, pouco espessos e friáveis, nas áreas de ocorrência da Formação Gaspar e argilo-arenosos nas áreas de ocorrência da Formação Campo Alegre. Como já dito ocorrem solos transportados (tálus) principalmente nos terços médio a inferior das encostas, conferindo um caráter de instabilidade nestas áreas.

O comportamento geotécnico frente às estruturas da rocha (principalmente o acamadamento), mostra que na encosta localizada a leste do Ribeirão da Velha possui o acamadamento mergulhando para o fundo do vale, conferindo ao local um caráter de instabilidade. Já a encosta localizada a oeste do Ribeirão da Velha a rocha possui o mergulho do acamadamento para dentro da encosta, configurando-se em local potencialmente estável.

CARTA GEOTÉCNICA DE RISCO A ESCORREGAMENTOS

Foram propostos quatro graus de risco a escorregamentos: muito alto, alto, médio e baixo (Figura 6). Os graus de riscos propostos estão baseados naqueles estabelecidos por documento do Ministério das Cidades e nos trabalhos realizados pela Prefeitura de São Paulo, IPT – SP e UNESP.

Os critérios adotados para a determinação dos graus de riscos para cada área são os seguintes:

Muito alto: os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes e o nível de intervenção no setor são de muito alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos. As evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de escorregamentos, feições erosivas, proximidade da moradia em relação à margem de córregos) são expressivas e estão presentes em grande número ou magnitude. Mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e/ou prolongadas (Tabela 1).

Alto: os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos. Observa-se a presença significativa de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, etc). Processos de instabilização em pleno desenvolvimento, ainda sendo possível monitorar a evolução do processo. Mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e/ou prolongadas (Tabela 1).

Médio: os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes e o nível de intervenção no setor são de média potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos. Observa-se a presença de algumas evidências de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipientes. Processo de instabilização em estágio inicial de desenvolvimento. Mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e/ou prolongadas (Tabela 1).

Baixo: Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes e o nível de intervenção no setor são de baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos. Não se observam evidências de instabilidade. Não há indícios de desenvolvimento de processos de instabilização de encostas e de margens de drenagens. Mantidas as condições existentes, não se espera a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e/ou prolongadas (Tabela 1).

CONCLUSÕES

Na área em estudo o comportamento de encostas e taludes é comandado pelas estruturas da rocha. Estas estruturas são o acamadamento e as fraturas geológicas (NE e NW), sendo o acamadamento a estrutura mais proeminente. Os cruzamentos destas estruturas geram rupturas do tipo em cunha e ao longo do plano de acamadamento a ruptura é do tipo planar. Rupturas com geometria circular também foram observadas. Além dos escorregamentos também são observados os movimentos de massa do tipo queda e mais raramente rastejos e rolamento de blocos.

Os escorregamentos possuem como agentes predisponentes, o complexo geológico e suas estruturas, o complexo geomorfológico, a gravidade e o clima. Já os agentes efetivos são as chuvas intensas, chuvas acumuladas, erosão pela água, ação de fontes, variação do lençol freático e a ação humana. As causas estão relacionadas com a redução dos parâmetros de resistência por intemperismo, mudança na geometria do sistema, erosão retrogressiva e rebaixamento rápido do lençol freático.

A Carta de Risco a Escorregamentos, porção sul, do Bairro da Velha, Blumenau, SC apresenta

quatro classes (muito alto, alto, médio e baixo). Nas classes, muito alto e alto deverá haver um monitoramento constante quanto aos aspectos geotécnicos, para fins de prevenção e uma ação específica, ainda de prevenção, nos períodos de chuvas intensas e/ou prolongadas. Para um maior detalhamento e observação pontual propõe-se a aplicação do Instrumento “Roteiro de cadastro de risco de escorregamentos” (MACEDO, 2001) nas áreas identificadas como de muito alto e alto risco.

AGRADECIMENTOS

Os autores do presente trabalho gostariam de registrar os seus agradecimentos ao IPA (Instituto de Pesquisas Ambientais da FURB – Universidade Regional de Blumenau) pela liberação de divulgação dos dados aqui presentes, a Deisy Schulz Xavier pelas dicas e correções e a José Júlio de Oliveira pela participação nos trabalhos de campo.

REFERÊNCIAS

- AUGUSTO FILHO, O. Caracterização geológica-geotécnica voltada à estabilização de encostas. uma proposta metodológica. Rio de Janeiro, Conferência Brasileira sobre estabilidade de encostas. **Anais....** 1992.
- BITAR, O. Y. (coordenador). **5º Curso de Geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo, AGAMA-DIGEO, 1994. IPT.
- CPRM. **Projeto Timbó – Barra Velha**. Vol. 1. Porto Alegre: CPRM, 1981. DNPM/CPRM.
- GUIDICINI, G. & NIEBLE, C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. São Paulo: Edgar Blücher, 1976. 170 p.
- HOEK, E. e LONDE, P. In: OLIVEIRA, A. M. S. e BRITO, S. N. A. **Geologia de Engenharia – Estabilidade de taludes**. São Paulo: ABGE, 1998. 586p.
- MACEDO, E. S. **Roteiro de Cadastro de Risco de Escorregamentos**. São Paulo: IPT, 2001.
- PITEAU, e MARTIN, In: OLIVEIRA, A. M. S. e BRITO, S. N. A. **Geologia de Engenharia – Estabilidade de taludes**. São Paulo: ABGE, 1998. 586p.



Figura 2. Localização da área de estudo.

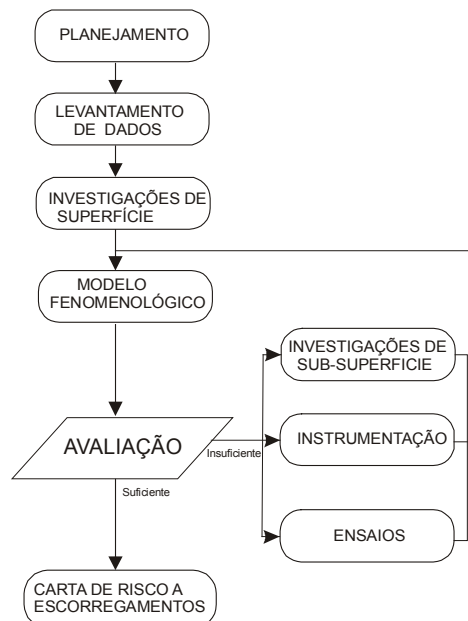


Figura 2. Roteiro Metodológico para realização de uma caracterização geológico-geotécnica visando à confecção de Carta de Risco a Escorregamentos (modificado de AUGUSTO FILHO, 1992).

AEROFOTO INTERPRETAÇÃO

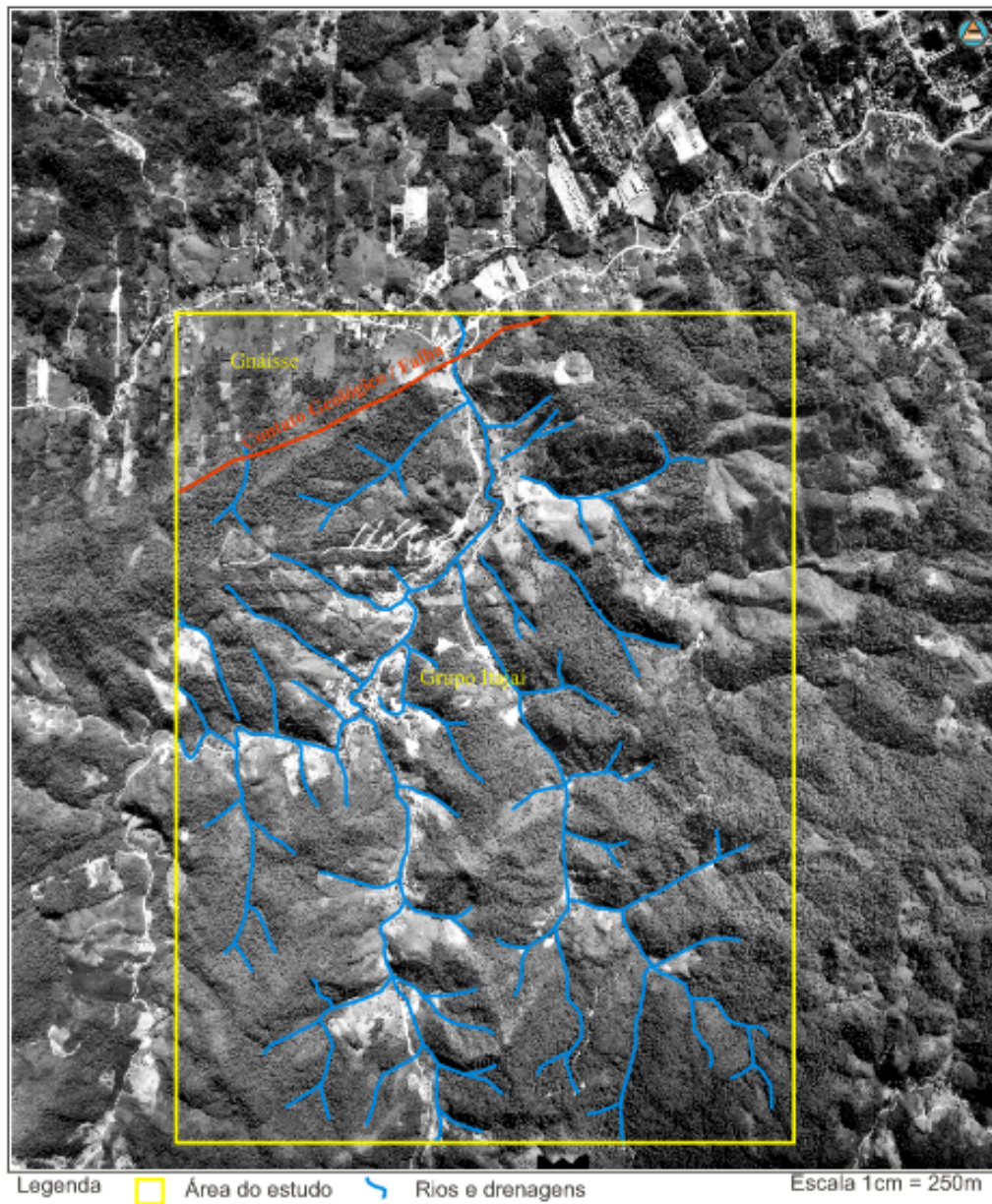


Figura 3. Rede de drenagens, Base Aerolevantamento Governo do Estado de Santa Catarina, 1972 - 1982.

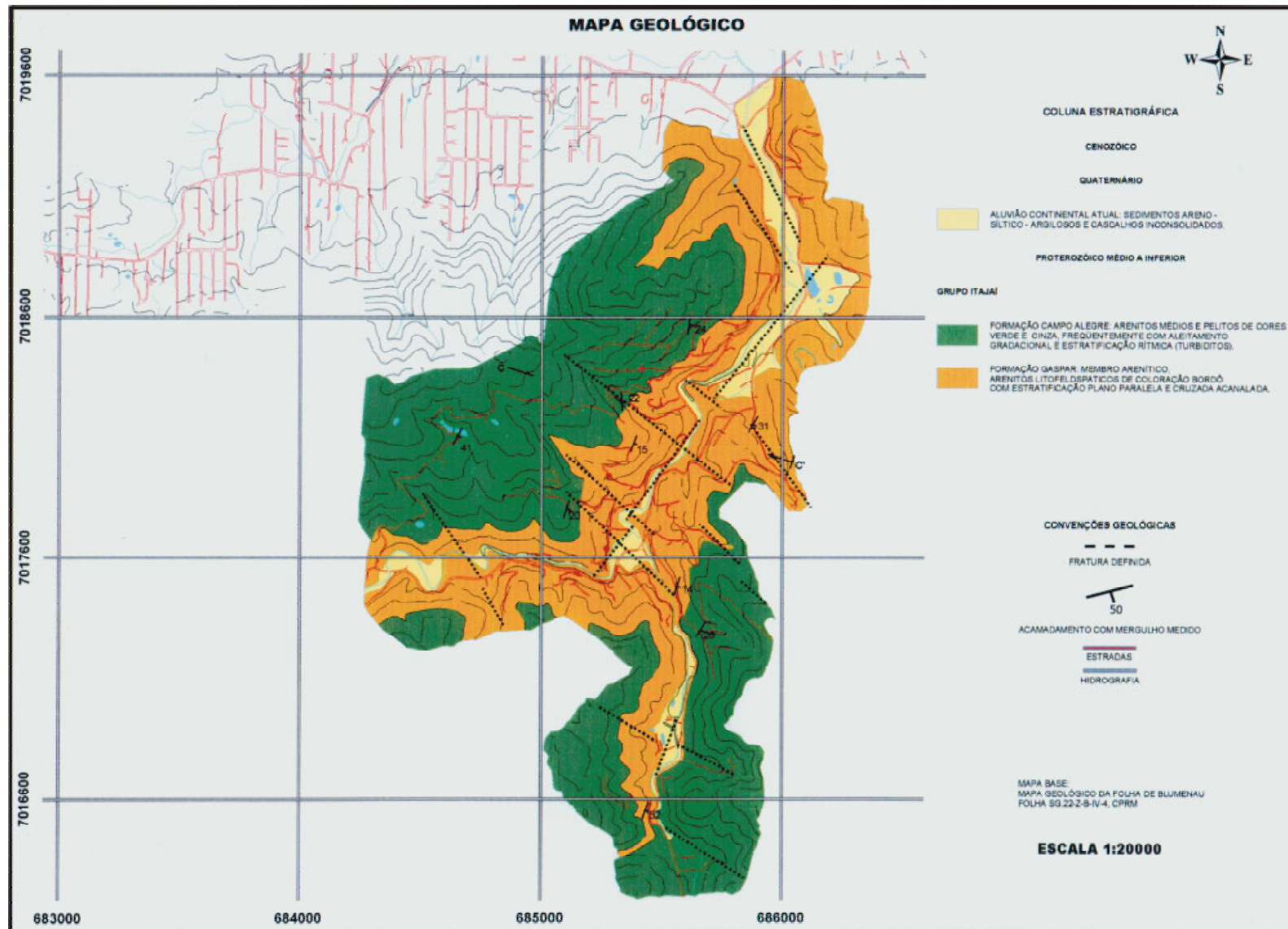


Figura 4. Mapa Geológico.

Seção Geológica Esquemática

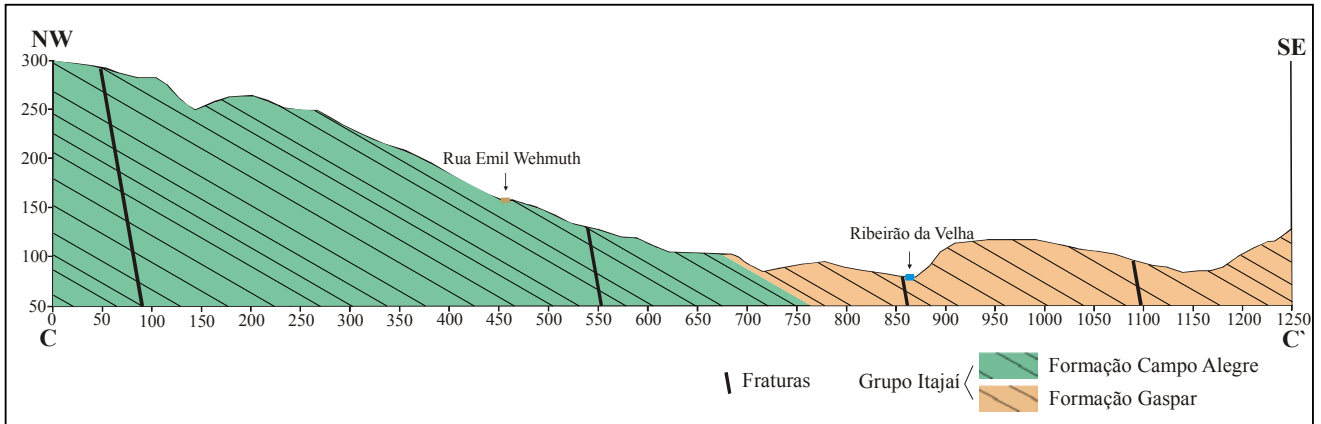


Figura 4a. Seção Geológica Esquemática.

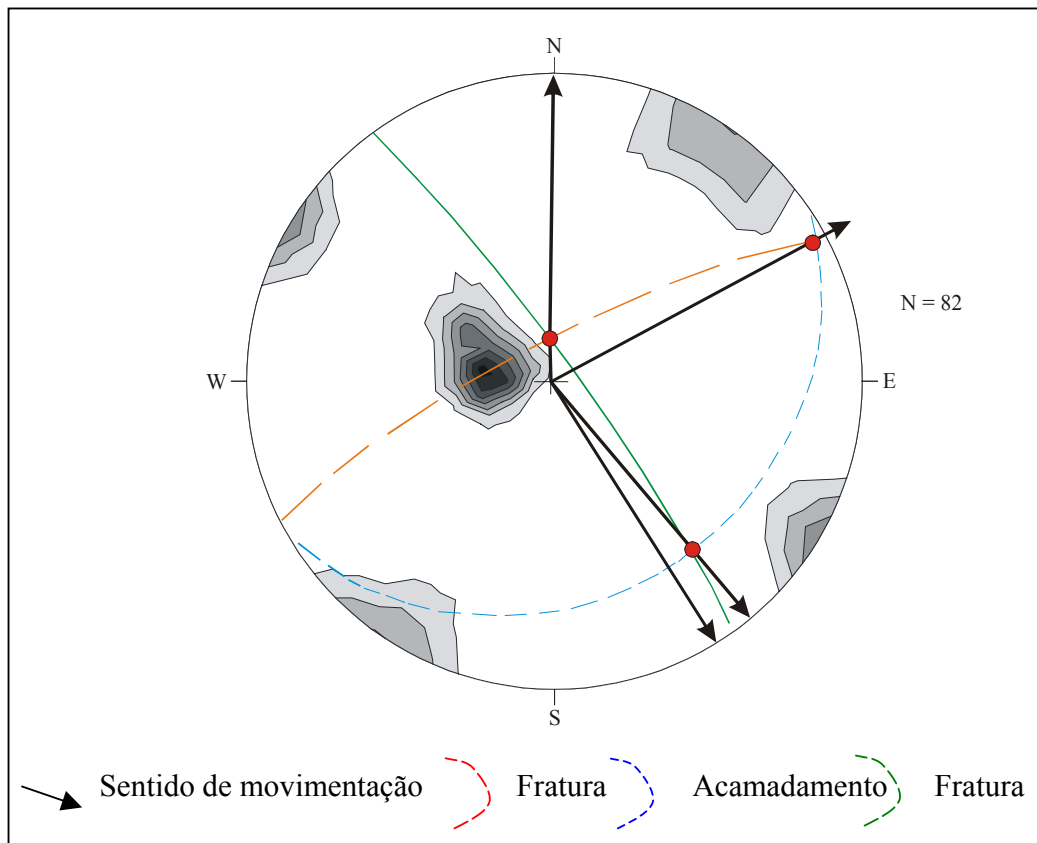


Figura 5. Estereograma

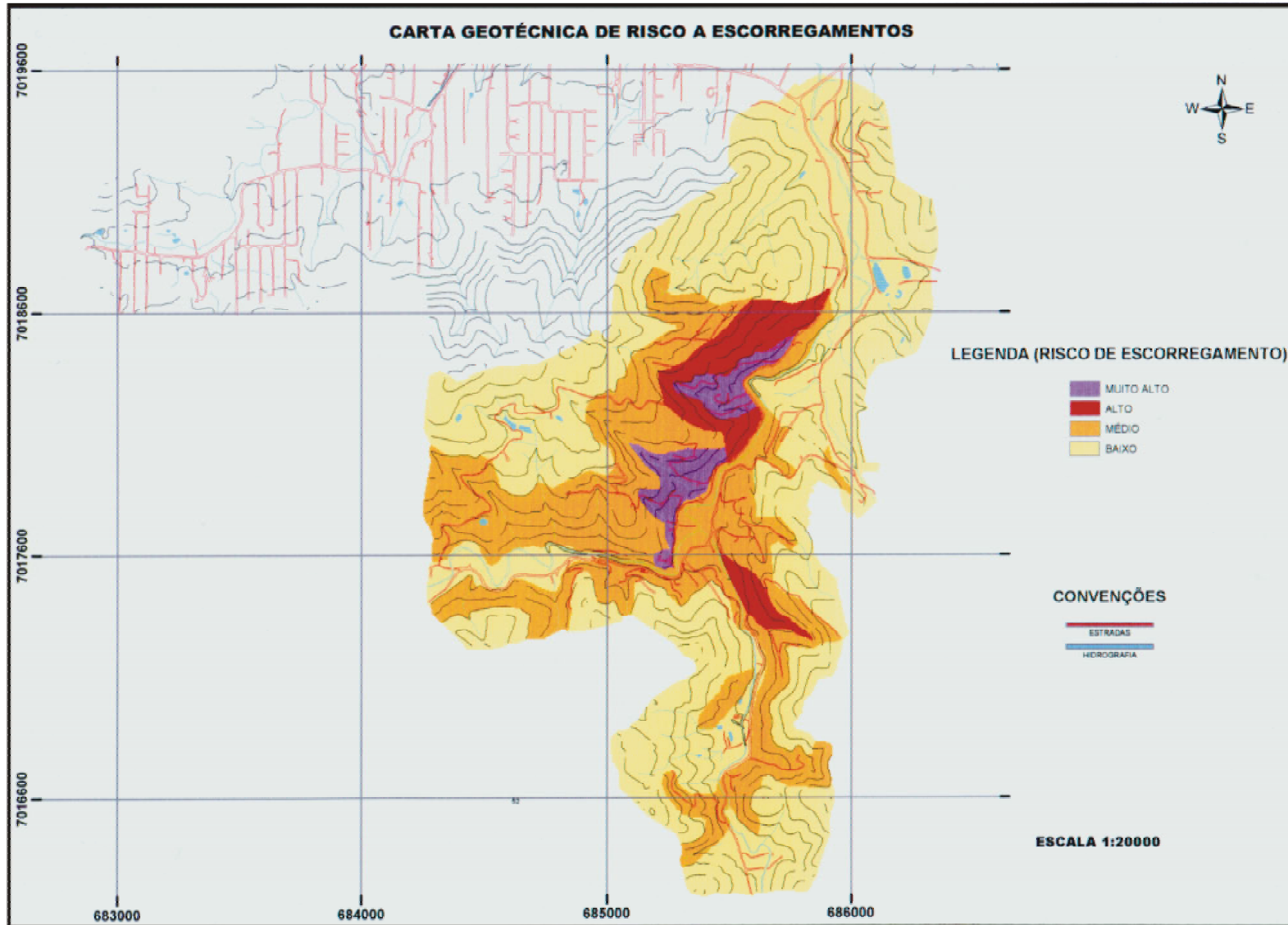


Figura 6.- Carta de risco a escorregamento.

Tabela 1. Descrição de cada grau de risco a escorregamento.

Área / Legenda Grau de Risco	Geomorfologia	Geotecnia	Unidade Geológica	Risco Decorrente da Ocupação Urbana
MUITO ALTO	<ul style="list-style-type: none"> - Pequenos vales em ‘V’ fechado; - Encostas íngremes, ocorrendo nos terços médio e inferior sendo retilíneas ou côncavas raramente convexas; - Morros com cristas alongadas; - Declividade entre 30° e 70°. 	<ul style="list-style-type: none"> - Solo pouco espesso 0,5 a 1,5m, horizonte superior facilmente desagregável, solos transportados (tálus), degraus de abatimento, cicatrizes de escorregamento, trincas no solo, sulcos de erosão, blocos e matacões de arenito, cortes, aterros, área desmatada, densidade de ocupação alta; - Abastecimento informal de água (mangueiras, vazamentos); - Vazamento de esgoto; - Rastejo 	<ul style="list-style-type: none"> - São basicamente arenitos (médios a finos), com intercalações de folhelho e siltito. Formação Gaspar e Campo Alegre; - Acamadados, dobrados e fraturados; - Direção do mergulho do acamadamento coincide com a direção da encosta. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desencadeamento de processos erosivos; - Deslizamento e quedas de blocos nas encostas, decorrentes de cortes e aterros; - Comprometimento das obras civis nas áreas de depósito de tálus (rastejos e escorregamentos associados); - Recorrência de escorregamentos; - Contaminação das nascentes e áreas de recarga de aquíferos.
ALTO	<ul style="list-style-type: none"> - Encostas íngremes, ocorrendo no terço médio e inferior, retilíneas e/ou côncavas, raramente convexas; - Morros com cristas alongadas; - Declividade entre 30° e 55°. 	<ul style="list-style-type: none"> - Solo com espessura de 0,5 a 2,0m; - Degraus de abatimento; - Cicatrizes de escorregamento; - Solos transportados; - Blocos e matacões de arenito; - Cortes, aterros, abastecimento informal de água, esgoto; - Densidade de ocupação, média a alta; - Rastejo; - Áreas desmatadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - São arenitos (médios a finos) e pelitos, com intercalações de folhelhos (raramente ardósia); - Formação Gaspar e Campo Alegre; - Acamadados, dobrados e fraturados; - Direção da encosta coincide em parte com a direção do mergulho do acamadamento 	<ul style="list-style-type: none"> - Desencadeamento de processos erosivos; - Deslizamento devido a cortes e aterros; - Queda de blocos nas encostas; - Comprometimento de obras civis nas áreas de depósitos de tálus (rastejo e escorregamentos associados); - Contaminação de nascentes e áreas de recarga de aquíferos.

Tabela 1 (continuação). Descrição de cada grau de risco a escorregamento.

MÉDIO	<ul style="list-style-type: none"> - Pequenos segmentos de encostas, no terço médio a superior, retilíneas, côncavas e convexas; - Planície aluvial atual; - Declividade entre 10° e 47°. 	<ul style="list-style-type: none"> - Solo mais espesso entre 1,0 e 3,0m; - Degraus de abatimento; - Blocos e matações de arenito; - Cortes e aterros; - Solapamento das margens; - Densidade de ocupação de média a baixa; Áreas desmatadas 	<ul style="list-style-type: none"> - São arenitos (médios a finos) e pelitos, com intercalações de folhelhos, (raramente ardósia); - Formação Gaspar e Campo Alegre; - Direção da encosta raramente coincide com a direção do mergulho do acamadamento; - Aluvião continental atual, com sedimentos areno-siltico-argiloso e cascalhos inconsolidados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desencadeamento de processos erosivos; - Deslizamento devido a cortes e aterros; - Queda de blocos nas encostas; - Contaminação de nascentes e áreas de recarga de aquíferos.
BAIXO	<ul style="list-style-type: none"> - Topos planos e planície aluvial atual; - Segmentos de encostas retilíneas e convexas, raramente côncavas; - Declividade entre 10° e 25°. 	<ul style="list-style-type: none"> - Solo espesso de composição predominantemente argilosa, com espessura de 2,0 a 5,0 m; - Blocos de arenito; - Solapamento das margens; - Densidade de ocupação baixa; - Áreas com vegetação 	<ul style="list-style-type: none"> - São arenitos (médios a finos) e pelitos, com intercalações de folhelhos, (raramente ardósia); - Formação Gaspar e Campo Alegre; - Direção da encosta raramente coincide com a direção do mergulho do acamadamento; - Aluvião continental atual, com sedimentos areno-siltico-argiloso e cascalhos inconsolidados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Deslizamento devido a cortes e aterros; Queda de blocos; - Contaminação das nascentes e áreas de recarga de aquíferos.