

Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMA
Serviço Geológico do Paraná - MINEROPAR

Relatório de Vistoria Geotécnica
Saudade do Iguaçu

Curitiba
Abril de 2015

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ

Carlos Alberto Richa
Governador

Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMA

Ricardo José Soavinski
Secretário

MINEROPAR - Serviço Geológico do Paraná

José Antonio Zem
Diretor Presidente

Marcos Vitor Fabro Dias
Diretor Técnico

Moacir Lazzarotto de Oliveira Filho
Diretor Administrativo-Financeiro

Equipe executora
Edir Edemir Arioli, Ph.D.
Luís Marcelo de Oliveira, Sp.
Oscar Salazar Jr., M.Sc.
Geólogos

Relatório de vistoria

Solicitante: Companhia de Habitação do Paraná - COHAPAR

Localidade: Saudade do Iguaçu

Local da vistoria: Morro da Caixa d'Água, dentro do perímetro urbano.

Data da vistoria: 7 e 8 de abril de 2015

Participantes: geólogo Luís Marcelo de Oliveira (Serviço Geológico do Paraná - MINEROPAR), Alex Sandro de Oliveira (Diretor de Operações da COMPDEC) e geólogo Edir Edemir Arioli (Serviço Geológico do Paraná - MINEROPAR).
Processamento de imagens e mapas: geólogo Oscar Salazar Jr., Serviço Geológico do Paraná - MINEROPAR.

1. Objetivo

Avaliar o grau de risco de moradias situadas sobre uma encosta com ocupação antrópica irregular, onde ocorreu instabilização do terreno por efeito de chuvas torrenciais em junho de 2014 e persistem reativações até esta data.

2. Procedimentos de vistoria

Inspeção visual do terreno, análise de afloramentos rochosos, coleta de informações com representantes da Prefeitura Municipal e moradores, análise de relatório emitido a partir de vistoria anterior, registro fotográfico e georreferenciamento de feições de instabilidade geotécnica e danos em edificações. Foram marcados 40 pontos de controle no campo (Anexos 1 e 2), que balizam os caminhamentos efetuados através da Área de Risco delimitada na vistoria anterior. Uma seção geológica foi elaborada ao longo da linha de maior declividade, aproximadamente no centro da Área de Risco, para ilustrar as relações entre substrato rochoso, cobertura de colúvio e ocupação antrópica na encosta.

3. Vistoria anterior

Para controle e registro da vistoria anterior, são reproduzidos abaixo o diagnóstico, o prognóstico e as recomendações emitidos pelo geólogo Diclécio Falcade, representante do Serviço Geológico do Paraná - MINEROPAR, no relatório de 13 de junho de 2014.

"Diagnóstico

Toda a encosta apresenta alta suscetibilidade a deslizamentos planares, eventualmente deslizamentos rotacionais, que ocorreram também em taludes escavados. A abundância, extensão e intensidade de movimentação das fissuras, desenvolvidas em colúvio espesso e altamente instável, tornam a encosta imprópria para a locação de moradias.

Prognóstico

É altamente provável que novos eventos de chuvas intensas, acima de 150 mm/24 h, provoquem infiltração, reativação das trincas e a geração de deslizamentos planares ou rotacionais.

Recomendações

Todas estas residências situadas nesta encosta e as abaixo delas estão em situação de risco mesmo as que sofreram pequenas avarias. O ideal seria a relocação das famílias que moram no local e o retaludamento da encosta."

4. Resultados obtidos

a. Relevo

A encosta oriental do Morro da Caixa d'Água estende-se por aproximadamente 500 m no sentido N-S e apresenta um desnível de 75 m, medido do topo do relevo até a Rua XV de Novembro, com base em pontos cotados da base planialtimétrica fornecida pelo ParanáCidade, serviço social autônomo da Secretaria de Desenvolvimento Urbano (Anexo 1). De acordo com a mesma planta, a encosta superior, considerada acima da Rua Santiago, apresenta declividade média de 37%, que se classifica como alta, suavizando-se a jusante até a Rua XV de Novembro com um valor em torno de 12%, classificada como moderada.

b. Substrato rochoso

A superfície de topo do relevo é constituída por rocha sã a moderadamente intemperizada, exposta em cortes de estrada e em duas frentes de lavra abandonadas, indicadas na planta cartográfica pelos códigos SI-29 e SI-40 e ilustradas nas Fotos 1 e 2. A primeira expõe uma intercalação de brecha vulcanoclástica e tufo vulcânico. A brecha apresenta espessura aflorante de até 4 m, formada por blocos angulosos de basalto maciço e vesicular, com 5-15 cm de diâmetro no topo e de 3-8 cm na base. Os clastos estão contidos em matriz tufácea cristalizada, que apresenta laminação bem desenvolvida na base do talude escavado. O tufo apresenta textura arenosa média e forma uma lente com 8 m de largura e até 2 m de espessura, com estratificação cruzada acanalada. Ambos os materiais são visualmente porosos, sem permeabilidade determinada por ensaios de campo ou laboratório, mas o conhecimento adquirido pela equipe da MINEROPAR, na região, permite inferir que as rochas vulcanoclásticas apresentam permeabilidade média a alta. Com grau de alteração intempérica incipiente, a brecha e o tufo vulcânico têm resistência mecânica moderada, segundo a classificação de Deere e Deere (1989)¹. A segunda frente de lavra expõe basalto maciço, afanítico, com disjunção colunar média (20-60 cm de espaçamento), alteração intempérica limitada à superfície das juntas, o que caracteriza boa resistência mecânica na mesma classificação. A ausência de desmoronamentos e quedas de blocos nas frentes de lavra abandonadas corrobora esta avaliação geotécnica de campo.

c. Cobertura inconsolidada

No topo do relevo, as rochas basálticas são recobertas por uma delgada camada de solo litólico, com até 50 cm de espessura nos cortes observados. Este material de cobertura não foi analisado na presente vistoria por falta de relações evidentes com a instabilidade da encosta em questão. Abaixo da estrada de acesso à Linha Pereira até pelo menos a cota da Rua XV de Novembro, estendendo-se ao longo das curvas de

¹ Deere, D.U.; Deere, D.W. Rock Quality Designation (RQD) after twenty years. ADA, Civil Engineering, 100 p., 1989.

nível por toda extensão da Área de Risco, a encosta desenvolve-se sobre uma rampa de colúvio de espessura variável. A estrada que percorre a borda do topo do relevo foi aberta ao longo do limite superior do colúvio, o que pode ser observado em vários taludes escavados acima e abaixo da mesma: os cortes a montante da estrada expõem basalto e solo litólico raso, enquanto nos cortes a jusante aflora colúvio. Nos cortes mais profundos, com até 3 m de altura, observa-se a superposição de colúvio grosso a colúvio fino, registrando remobilizações ou formação de novos depósitos sobre os mais antigos (Foto 3). O colúvio grosso compõe-se de blocos arredondados a subangulosos de basalto maciço e vesicular em matriz silte-argilosa, em proporções aproximadamente iguais, formando uma cobertura de baixa coesão e alta permeabilidade, isto é, altamente instável. O colúvio fino tem composição silte-argilosa semelhante à matriz do colúvio grosso, mas dotada de maior coesão e permeabilidade aparentemente mais baixa. Ambos os solos transportados recobrem basalto alterado no topo do relevo e saprólito (alteração de basalto) acima e ao longo da Rua Santiago. O saprólito é friável e pode ser classificado, segundo Deere e Deere (op.cit.), como saibro, de baixa resistência mecânica, o que é comprovado pela abundância de desmoronamentos e quedas de solo nos taludes escavados. As superfícies de contato entre os dois tipos de colúvio e desses com o saprólito separam valores contrastantes de condutividade hidráulica, representando assim planos preferenciais de ruptura e contribuindo de forma decisiva para a instabilidade natural da encosta.

d. Cobertura vegetal

A cobertura vegetal remanescente sobre a encosta vistoriada é formada por mata secundária, descontínua e de baixa densidade, com poucas concentrações arbóreas de médio porte, que não atingem individualmente 1 hectare de extensão e totalizam cerca de 20% da Área de Risco. Com uma cobertura vegetal equivalente a mais de 50% desta mesma área, visível em imagens de sensoriamento remoto captadas em 1998, a cobertura remanescente registra o acelerado ritmo de ocupação e descaracterização das condições originais da encosta. Vale registrar que, de acordo com a Lei Federal 4771/1965, é proibido fazer corte raso de árvores em áreas com declividade superior a 30%, o que inclui a encosta situada acima da Rua Santiago.

e. Ocupação antrópica

Segundo informações dos representantes da Prefeitura Municipal, a encosta oriental do Morro da Caixa d'Água foi ocupada essencialmente de forma irregular, por moradias de baixo padrão construtivo em terrenos sem titulação formal. Conforme relatado na vistoria de 13 de junho de 2014, cerca de 40 casas existentes no local foram afetadas em vários graus de danificação por movimentações do terreno, em virtude de chuvas torrenciais. As condições da ocupação estão suficientemente caracterizadas no relatório daquela vistoria, acrescentando-se aqui que trincas recentes, tanto no solo quanto nas edificações, atestam a persistência das reativações na encosta, mesmo em períodos de chuvas dentro dos padrões normais de sazonalidade. Por este motivo, várias edificações foram demolidas pela Prefeitura Municipal, de acordo com registros oficiais, os quais dispensam análise no presente relatório. As Fotos 10 a 12 ilustram as más condições da ocupação, com fossas sépticas, lançamento de águas servidas, acúmulos de lixo e bananeiras plantadas no entorno das moradias.

f. Feições de instabilidade observadas

As seções geológicas do Anexo 3 ilustram as feições de instabilidade observadas na encosta submetida à presente vistoria, que indicamos de forma esquemática abaixo. A sua distribuição no terreno está registrada pelas coordenadas UTM no Anexo 4 e é representada cartograficamente na planta do Anexo 1. As coordenadas UTM são apresentadas nos dois sistemas de projeção utilizados na vistoria: WGS84 para localização em imagens de Google Earth e SAD69 para plotagem na base planialtimétrica.

Feições observadas na vegetação: árvores inclinadas, presença de bananeiras, armazenadoras de água em subsuperfície (Fotos 4 e 10).

Feições observadas no terreno: trincas abertas, degraus de abatimento, deslizamentos de rocha e solo, sulcos de erosão acelerada (Fotos 5 a 8).

Feições observadas nas edificações: trincas em fundações, piso e paredes; empenamento, inclinação e queda de muros, paredes e postes (Fotos 13 a 16).

Feições observadas ao longo das vias de acesso: queda de solo em cortes de estrada, deslocamento e deformação de meios-fios, ondulações no leito de tráfego (Foto 17).

As feições indicativas de instabilidade do terreno ocorrem em toda encosta, mesmo nas áreas não ocupadas pelas habitações, atestando a instabilidade natural do terreno. Por outro lado, trincas no solo e em edificações são observadas abaixo da Rua Santiago, onde a declividade é inferior a 12%.

g. Medidas corretivas e preventivas efetuadas pela Prefeitura Municipal

Por pertinente, registramos neste relatório que a Prefeitura Municipal de Saudade do Iguaçu executou de forma adequada as medidas corretivas e preventivas recomendadas pelo documento da MINEROPAR, emitido em 13 de junho de 2014. O atendimento durante a emergência, o desalojamento e a instalação de famílias em locais seguros, tanto em abrigos públicos quanto em residências temporárias, mediante o pagamento de aluguel social, foram as primeiras medidas de segurança tomadas, sob coordenação da COMPDEC. Subsequentemente, foram demolidas as edificações mais danificadas, para evitar o retorno de moradores aos locais perigosos, e sinalizados todos os acessos à Área de Risco com placas de advertência com os dizeres: PROIBIDO OCUPAÇÃO, CONSTRUÇÃO OU MOVIMENTAÇÃO DE TERRA - Área de Restrição e Interdição Conforme Anexo N° 5 da Lei Complementar N° 007/2008 de 18 de Junho de 2008 - Laudo da Mineropar. Uma das placas, instalada ao longo da Rua Santiago, é ilustrada na Foto 18. Atualmente, está em curso projeto de reassentamento das famílias em moradias que serão construídas em local geotecnicaamente adequado e socialmente seguro.

5. Conclusões

A combinação de alta declividade e várias fases de colúvio atribui à encosta oriental do Morro da Caixa d'Água, no perímetro urbano de Saudade do Iguaçu, características geotécnicas de alta instabilidade natural. Somam-se a esta condição os efeitos da ocupação antrópica desordenada, com desmatamento, abertura de cortes e construção de aterros sem critérios de engenharia, lançamento de águas servidas, instalação de

fossas sépticas precárias e acúmulos de lixo doméstico, que potencializam a instabilidade original e produzem movimentos gravitacionais de massa, principalmente trincas e deslizamentos de rocha e solo. A reiterada movimentação do terreno atingiu as fundações e estruturas das moradias, durante eventos de chuvas torrenciais, nomeadamente os ocorridos em junho de 2014, mas que persistem até hoje, mesmo em períodos secos ou de chuvas sazonais admitidas como normais para a região, pela Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil do Paraná - CORPDEC. A ocorrência de sinais de movimentação do terreno abaixo da Rua Santiago, onde a declividade é moderada a baixa, justifica a extensão da Área de Risco até a Rua XV de Novembro.

6. Recomendações

Recomendamos manter os limites da Área de Risco propostos pelo relatório anterior da MINEROPAR e dividi-la em duas subáreas, em função do grau de risco: Área de Risco propriamente dita acima da Rua Santiago e Área de Atenção entre esta e a Rua XV de Novembro.

A estrada da Linha Pereira está sujeita a instabilizações eventuais e exige monitoramento, durante períodos de chuvas intensas, e as medidas preventivas compatíveis com a suscetibilidade a deformações, rupturas e deslizamentos.

Recomendamos interditar definitivamente todas as edificações existentes dentro da Área de Risco, acima da Rua Santiago, e decretá-la Área de Preservação Permanente, retirando os entulhos e o lixo, desativando as fossas sépticas e recompondo a cobertura vegetal da encosta.

Recomendamos executar estudos geotécnicos para dimensionar obras de contenção que venham a ser recomendadas em projetos de engenharia, tais como retaludamentos, readequação de drenagens, construção de muros de contenção, entre outros.

Recomendamos, finalmente, orientar os moradores instalados dentro da Área de Atenção, abaixo da Rua Santiago, para que monitorem sinais de movimentação do terreno em períodos de chuvas de qualquer intensidade e comuniquem à COMPDEC, para as providências cabíveis.

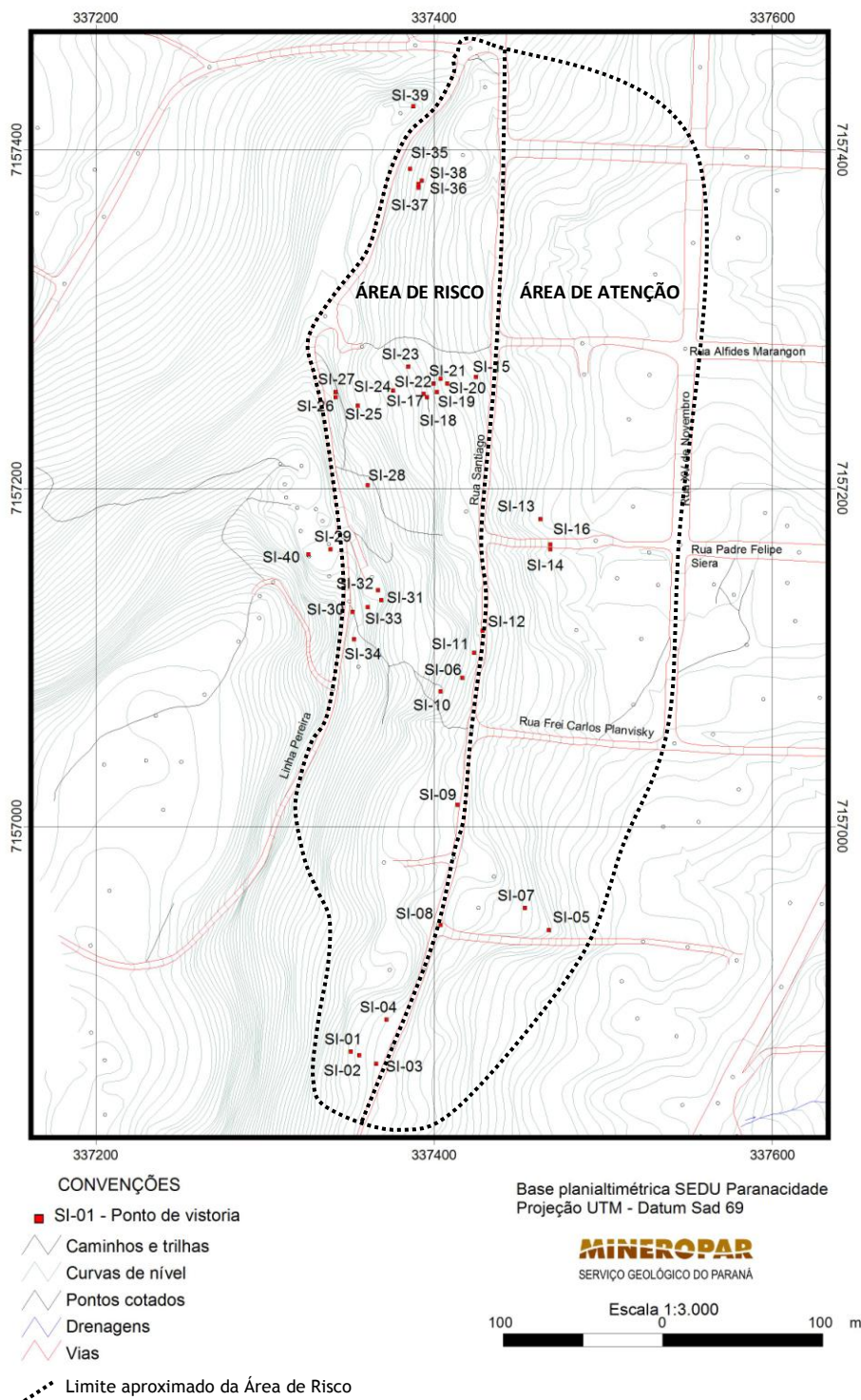
Curitiba, 14 de abril de 2015



Edir Edemir Arioli
Geólogo, Ph.D., CREA 139.959/D-PR
Gerente de Geologia-Geotecnia

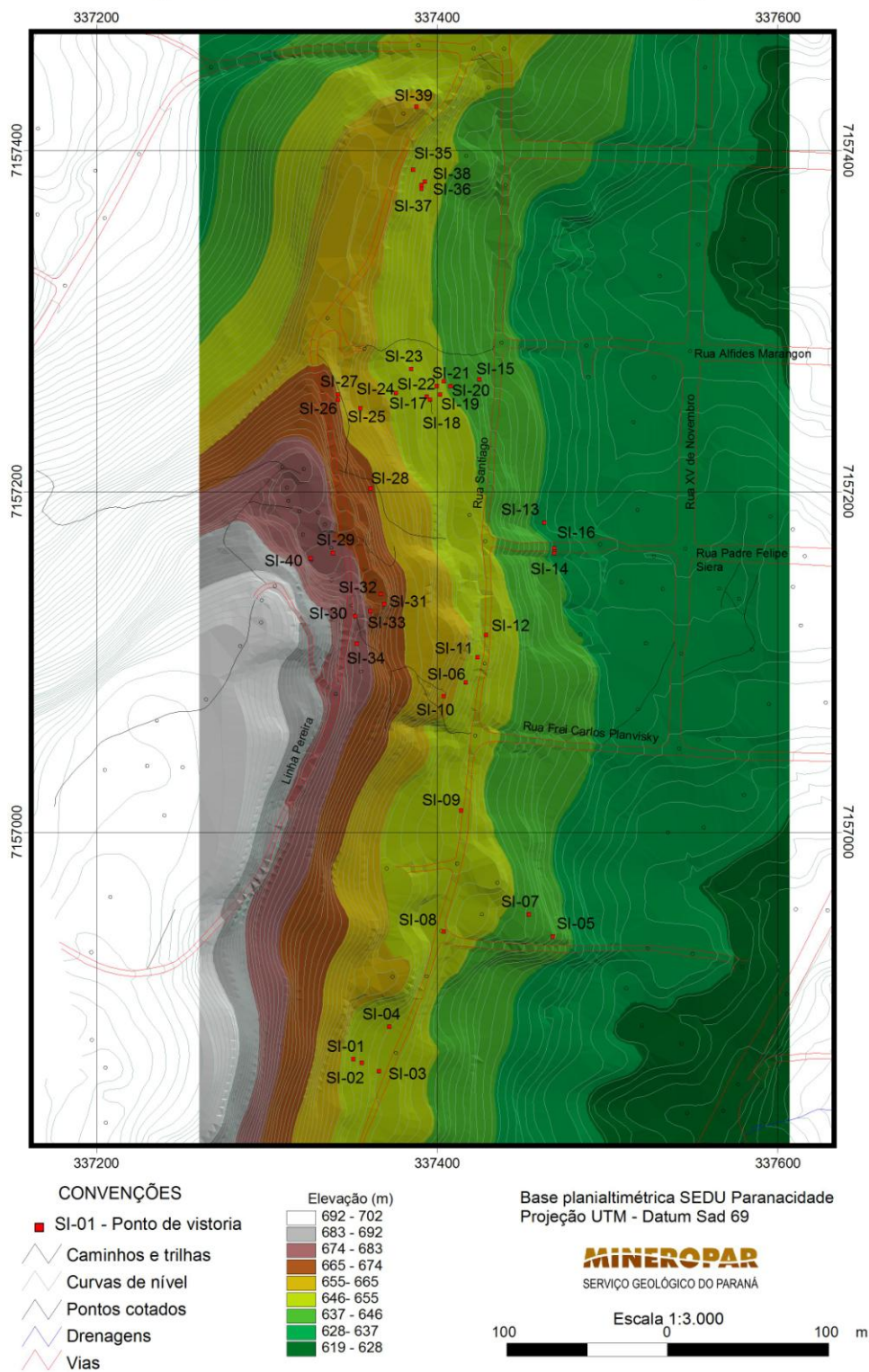
Anexo 1 - Planta planialtimétrica com pontos de controle

Saudade do Iguaçu - Pontos de vistoria

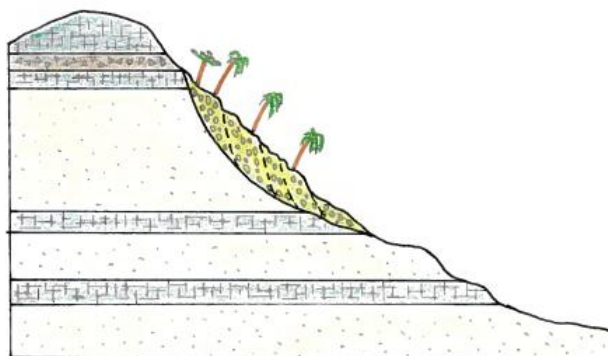


Anexo 2 - Modelo digital do terreno

Saudade do Iguaçu - Pontos de vistoria e Modelo Digital do Terreno



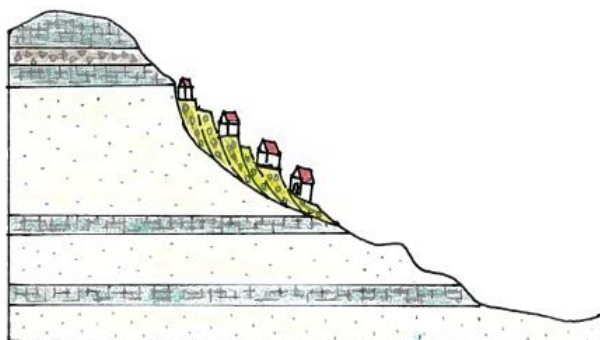
Anexo 3 - Seções geológicas



1. Situação original da encosta.

Feições indicativas de instabilização da encosta

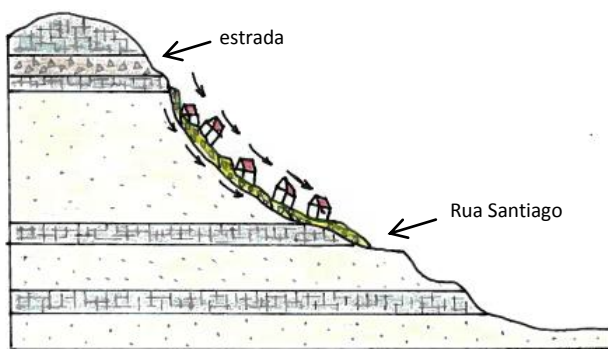
- árvores inclinadas
- trincas no solo
- degraus de abatimento no terreno
- ondulações no terreno
- colúvios remobilizado



2. Ocupação da encosta com cortes e aterros.

Ações potencializadoras de instabilização da encosta

- cortes e aterros sem critérios de engenharia
- fossas sépticas com vazamentos
- lançamentos de águas de uso doméstico sobre o solo
- desmatamento
- abertura de caminhos, trilhas, carreiros
- bananeiras



3. Movimentos de massa com destruição e avarias nas edificações.

Danos resultantes da instabilização da encosta

- destruição total de edificações
- destruição de partes de edificações (alpendres e edículas)
- trincas em pisos e paredes de edificações
- empenamento e queda de muros
- inclinação e queda de postes
- ferimentos em pessoas e animais domésticos
- desalojamento de moradores
- prejuízos econômicos e sociais

Desenho e texto: geólogo Luís Marcelo de Oliveira

Anexo 4 - Relação de pontos de controle registrados na Área de Risco

Ponto	WGS84		SAD69		Declividade (%)	Legenda
	UTM W	UTM N	UTM W	UTM N		
SI-01	337301	7156823	337351	7156867	35,25	basalto maciço
SI-02	337306	7156820	337356	7156865	27,41	colúvio fino
SI-03	337316	7156815	337366	7156860	13,95	placa
SI-04	337322	7156841	337372	7156886	17,48	colúvio grosso
SI-05	337418	7156894	337468	7156939	30,77	muro empenado
SI-06	337367	7157043	337417	7157088	32,93	saprólito vesicular
SI-07	337404	7156907	337454	7156952	20,90	colúvio s/saprólito
SI-08	337354	7156897	337404	7156942	15,03	trincas
SI-09	337364	7156968	337414	7157013	16,17	casas sob deslizamento de rocha e solo
SI-10	337354	7157035	337404	7157080	37,19	colúvio espesso
SI-11	337374	7157058	337424	7157103	35,11	basalto maciço
SI-12	337379	7157071	337429	7157116	31,39	gabiões desmontados
SI-13	337413	7157137	337463	7157182	20,70	piso trincado
SI-14	335419	7157122	337469	7157167	15,29	degraus de abatimento
SI-15	337375	7157221	337425	7157266	21,15	colúvio
SI-16	337419	7157119	337469	7157164	15,29	alpendre ruído
SI-17	337344	7157211	337394	7157256	26,81	trinca recente
SI-18	337346	7157209	337396	7157254	26,81	parede rachada
SI-19	337352	7157212	337402	7157257	24,85	trinca
SI-20	337358	7157217	337408	7157262	22,55	muro empenado
SI-21	337354	7157220	337404	7157265	25,28	casas interditadas com trincas
SI-22	337350	7157217	337400	7157262	27,09	casa demolida
SI-23	337335	7157227	337385	7157272	23,36	fossa
SI-24	337326	7157213	337376	7157258	21,76	trincas
SI-25	337305	7157204	337355	7157249	36,80	muro caído
SI-26	337292	7157209	337342	7157254	42,81	casa interditada
SI-27	337292	7157212	337342	7157257	42,81	basalto maciço
SI-28	337311	7157157	337361	7157202	37,34	degrau de abatimento
SI-29	337289	7157119	337339	7157164	10,23	brecha vulcanoclástica, lavra abandonada
SI-30	337292	7157082	337352	7157127	39,30	meio fio deslocado por MGM
SI-31	337319	7157089	337369	7157134	38,34	degrau e árvore
SI-32	337317	7157095	337367	7157140	37,06	idem e casa danificada
SI-33	337311	7157085	337361	7157130	38,06	degrau de abatimento
SI-34	337303	7157066	337353	7157111	41,43	trincas
SI-35	337336	7157344	337386	7157389	36,95	casa danificada
SI-36	337341	7157335	337391	7157380	35,54	árvores e trincas
SI-37	337341	7157333	337391	7157378	35,67	casa
SI-38	337343	7157337	337393	7157382	32,95	fossa
SI-39	337338	7157381	337388	7157426	19,43	brecha vulcanoclástica
SI-40	337276	7157116	337326	7157161	43,02	basalto maciço, lavra abandonada

Anexo 5 - Fotografias de campo



Foto 1. Basalto maciço que sustenta o topo do relevo no Morro da Caixa d'Água.



Foto 2. Brecha vulcanoclástica e tufo vulcânico arenoso subjacentes a basalto maciço, no topo do Morro da Caixa d'Água.



Foto 3. Colúvio grosso recobrindo colúvio fino e saprólito de basalto.



Foto 4. Árvores inclinadas por rastejo de solo à meia encosta.



Foto 5. Ondulações e degraus de abatimento produzidos por rastejo de solo à meia encosta.



Foto 6. Degráus de abatimento formados por movimentação do terreno após as chuvas de junho de 2014.



Foto 7. Trinca recente no solo, gerada por movimentação da encosta, vários meses após as chuvas de junho de 2014.



Foto 8. Trinca recente no solo, gerada por movimentação da encosta após as chuvas de junho de 2014.



Foto 9. Depósito de deslizamento de solo com sulcos de erosão acelerada.



Foto 10. Fossa séptica, lançamento de águas servidas e bananeiras em casa afetada pela movimentação do terreno em junho de 2014.



Foto 11. Lançamento de águas servidas em torno de moradia.



Foto 12. Depósito de lixo em torno de moradia à meia encosta.



Foto 13. Fundações de casa danificadas por movimentação do terreno em junho de 2014.



Foto 14. Piso de moradia danificado por movimentação do terreno em junho de 2014 e reativação em 2015.



Foto 15. Muro danificado por deslizamento e queda de solo em talude escavado sem critérios de engenharia.



Foto 16. Alpendre danificado por movimentação do terreno a jusante da moradia, imediatamente acima da edificação ilustrada na foto anterior.



Foto 17. Deslocamento do meio-fio da estrada da Linha Pereira, provocado por movimentação do terreno a jusante.



Foto 18. Uma das placas de advertência colocada pela Prefeitura Municipal ao longo dos limites da Área de Risco.