

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES

MAPEAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS VOLTADOS PARA A PREVENÇÃO DE DESASTRES

AVALIAÇÃO TÉCNICA PÓS-DESASTRE

Gramado, RS

REALIZAÇÃO

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

DIVISÃO DE GEOLOGIA APLICADA

2023

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Alexandre Silveira

Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Vitor Eduardo de Almeida Saback

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente

Inácio Melo

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Francisco Valdir Silveira

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Diogo Rodrigues Andrade da Silva

Chefe da Divisão de Geologia Aplicada

Tiago Antonelli

Chefe da Divisão de Gestão Territorial

Maria Adelaide Mansini Maia

EQUIPE TÉCNICA

Coordenação

Júlio Cesar Lana

Execução

Renato Ribeiro Mendonça

Marcelo Goffermann

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
I PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES I

MAPEAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS
VOLTADOS PARA A PREVENÇÃO DE DESASTRES

AVALIAÇÃO TÉCNICA

PÓS-DESASTRE

Gramado, RS

AUTORES

Renato Ribeiro Mendonça

Marcelo Goffermann



APRESENTAÇÃO

As ações promovidas pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), no âmbito do Departamento de Gestão Territorial (DEGET), envolvem a coordenação, supervisão e execução de estudos do meio físico voltados à conservação ambiental, ordenamento territorial e prevenção de desastres.

Neste contexto, a Divisão de Geologia Aplicada (DIGEAP) tem papel fundamental na condução de estudos, projetos e programas, cujo foco principal é produzir instrumentos técnicos capazes de subsidiar os gestores públicos na formulação, aprimoramento e execução de políticas direcionadas à mitigação dos danos causados por eventos adversos de natureza geológica, como deslizamentos, quedas de blocos de rocha, erosões, inundações, dentre outros.

As atividades desenvolvidas pelo DEGET e pela DIGEAP incluem, ainda, ações de fomento à disseminação do conhecimento geocientífico, por meio da promoção de cursos de capacitação voltados aos agentes públicos e à sociedade em geral.

Assim, com esse espírito de inovação e com a responsabilidade de fomentar a ocupação segura e sustentável do território, o SGB-CPRM espera que as informações contidas no presente relatório possam ser empregadas em prol do bem-estar da sociedade brasileira.

Inácio Melo
Diretor-Presidente

Alice Silva de Castilho
Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados de uma avaliação técnica realizada no município de Gramado-RS, entre os dias 23 e 23/11/2023, em decorrência de problemas geotécnicos relacionados às grandes chuvas acumuladas nos últimos meses no município. Os resultados mostram que podem se tratar de processos de rastejo, e que ações como monitoramento das áreas vistoriadas e investigações geotécnicas deverão ser avaliadas pelo poder público municipal.

Palavras-chave: risco geológico; prevenção de desastres; ordenamento territorial.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
3. APLICABILIDADES E LIMITAÇÕES DE USO	2
4. CARACTERIZAÇÃO DO EVENTO	3
5. RESULTADOS	5
6. PROCESSOS DE RASTEJO: O QUE SÃO?	12
7. SUGESTÕES PARA MANEJO SEGURO DAS ÁREAS E AÇÕES FUTURAS.	14
8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	16

1. INTRODUÇÃO

Com base na solicitação feita pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente, o Serviço Geológico do Brasil apresenta neste trabalho os resultados da vistoria técnica realizada no município de Gramado-RS, em decorrência dos eventos adversos causados pelas fortes chuvas que acometeram a Serra Gaúcha no mês de novembro de 2023. Inicialmente, foi realizada uma reunião com representantes municipais, da qual participaram a Sra. Cristiane Bandeira, Secretária do Meio Ambiente; Sra. Karen Nubia, Secretária Adjunta do Meio Ambiente; Sr. Rafael Bazzan, Secretário do Planejamento; e Sr. Jackson Cohendet, Diretor de Licenciamento Ambiental e geólogo. Após alinhamento dos objetivos do trabalho, foi realizada uma avaliação técnica no local para investigar os problemas geotécnicos reportados pela administração municipal.



Figura 1 - Reunião técnica realizada em 22/11/2023.

Os levantamentos de campo foram realizados entre os dias 22 e 23 de novembro de 2023 pelos profissionais listados no quadro 1.

Quadro 1 - Profissionais que participaram dos levantamentos de campo.

Nome	Cargo ou função	Instituição
Renato Ribeiro Mendonça	Pesquisador em Geociências	Serviço Geológico do Brasil
Marcelo Goffermann	Supervisor de Hidrologia e Gestão Territorial	Serviço Geológico do Brasil
Jackson Cohendet	Diretor de Licenciamento Ambiental	Prefeitura de Gramado

2. OBJETIVOS

Este estudo objetiva:

- Registrar e caracterizar as áreas habitadas indicadas pela Defesa Civil Municipal e Secretaria de Meio Ambiente, que foram recentemente afetadas por movimentos de massa;
- Subsidiar os administradores e órgãos públicos na tomada de decisões voltadas à prevenção, mitigação e resposta a desastres provocados por chuvas intensas;
- Contribuir com a definição de critérios para disponibilização de recursos públicos destinados ao financiamento de intervenções nas áreas afetadas por eventos geológicos adversos.

3. APLICABILIDADES E LIMITAÇÕES DE USO

Este trabalho pode ser utilizado para:

- Subsidiar o poder público na seleção das áreas prioritárias a serem contempladas por ações destinadas à prevenção dos desastres;
- Contribuir para a elaboração de projetos de intervenção estrutural em áreas de risco;
- Embasar a elaboração de planos de contingência;
- Auxiliar a construção de sistemas de monitoramento e alerta de desastres;
- Direcionar as ações da Defesa Civil;
- Fomentar ações de fiscalização com objetivo de inibir o avanço da ocupação nas áreas de risco mapeadas e em terrenos com condições topográficas e geológicas similares.

Este trabalho não deve ser aplicado para:

- Substituir a Setorização de Áreas de Risco Geológico;
- Qualquer aplicação incompatível com a escala cartográfica de elaboração (1:1.000-1:2.000);
- Substituir análises de estabilidade de taludes e encostas;
- Substituir projetos de engenharia destinados à correta seleção, dimensionamento e implantação de obras estruturais em áreas de risco;
- Avaliar a pertinência e eficácia de obras de engenharia de qualquer natureza;
- Substituir estudos censitários específicos para indicar o número e a característica socioeconômica dos habitantes das áreas de risco;
- Indicar quando ocorrerão eventos adversos nas áreas de risco;
- Determinar a energia, alcance e trajetória de movimentos de massa, enxurradas e inundações.

É importante ressaltar que os resultados expostos no presente relatório representam as condições observadas no momento da visita de campo, as quais podem se alterar ao longo do tempo. Além disso, cabe enfatizar que este estudo não constitui um mapeamento das áreas de risco geológico existentes no município, mas sim uma caracterização das áreas recentemente afetadas por eventos adversos de natureza geológica, conforme indicações feitas pela Defesa Civil Municipal. Dessa forma, não se descarta a possibilidade de existirem no município outras áreas de risco geológico não incluídas neste trabalho.

4. CARACTERIZAÇÃO DO EVENTO

A região do município de Gramado-RS foi afetada por intensos eventos pluviométricos nos últimos meses. Considerando os dados da estação pluviométrica INMET A-879, localizada no aeroporto de Canela, entre os meses de setembro e novembro de 2023 foram registrados cerca de 1.200 mm de chuva na região (Figura 2), o que de acordo com a MetSul Meteorologia, corresponde a mais que o dobro da média histórica de precipitação da primavera climática inteira¹.

Entre os dias 11 e 18 de novembro, o volume acumulado de chuva alcançou cerca de 291 mm, montante que corresponde a mais que dobro da média histórica de precipitação do mês de novembro, que é 144,5 mm. Somente no dia 18/11/2023 choveu 98 mm, volume que representa a 67% da quantidade média de chuva para o mês (Figura 3). Após essa chuva anômala, especificamente entre os dias 18 e 19/11/2023, uma série de deformações foram registradas nas seguintes regiões do município, as quais foram alvo do presente estudo: i) rua Ladeira das Azaleias, no bairro Três Pinheiros; ii) Estrada da Pedreira, no bairro Três Pinheiros e iii) rua Augusto Orlandi, no bairro Loteamento Orlandi. A disposição e localização dessas áreas são exibidas na figura 4.

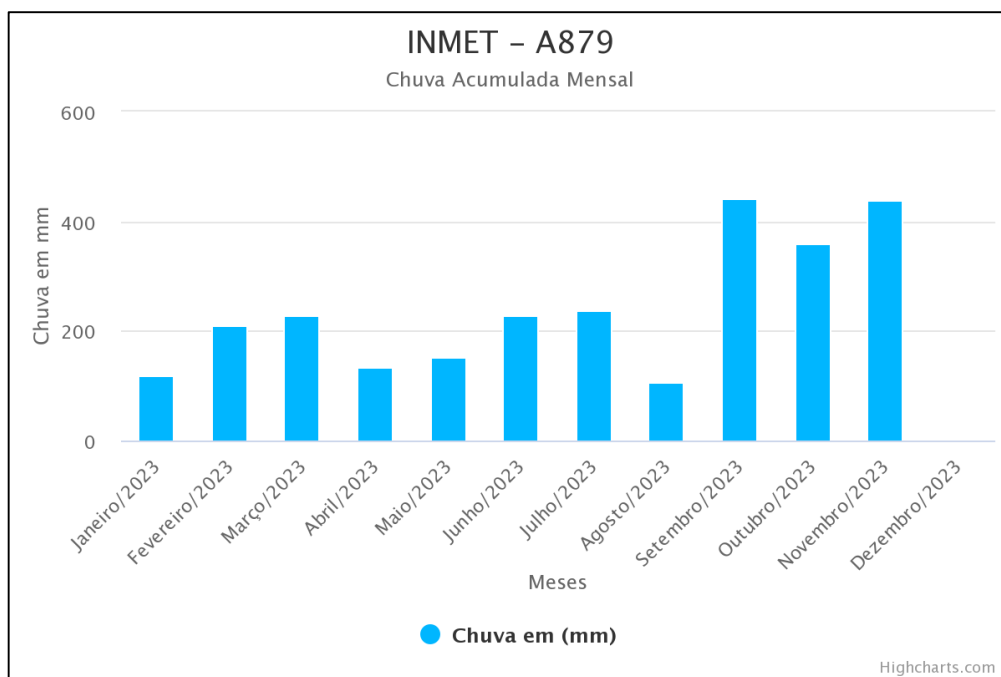


Figura 2 – Acumulado de chuvas por mês em estação pluviométrica próxima aos pontos de ocorrência.

¹ Disponível em: <https://metsul.com/os-impresionantes-numeros-da-chuva-antes-das-rachaduras-em-gramado/>

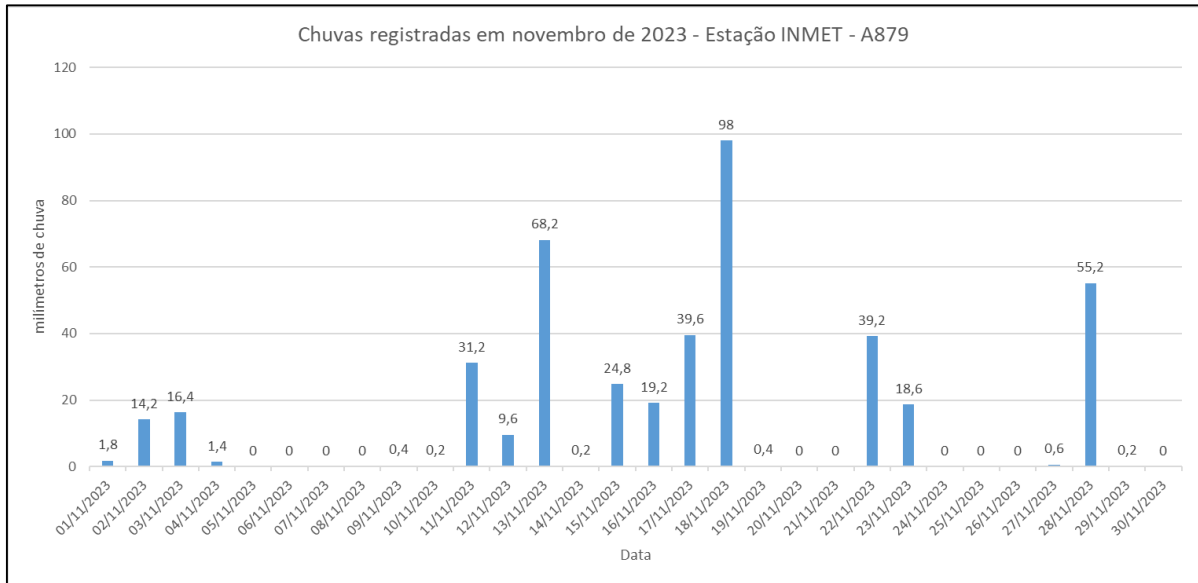


Figura 3 – Chuvas diárias registradas em novembro de 2023 na estação INMET - A879.

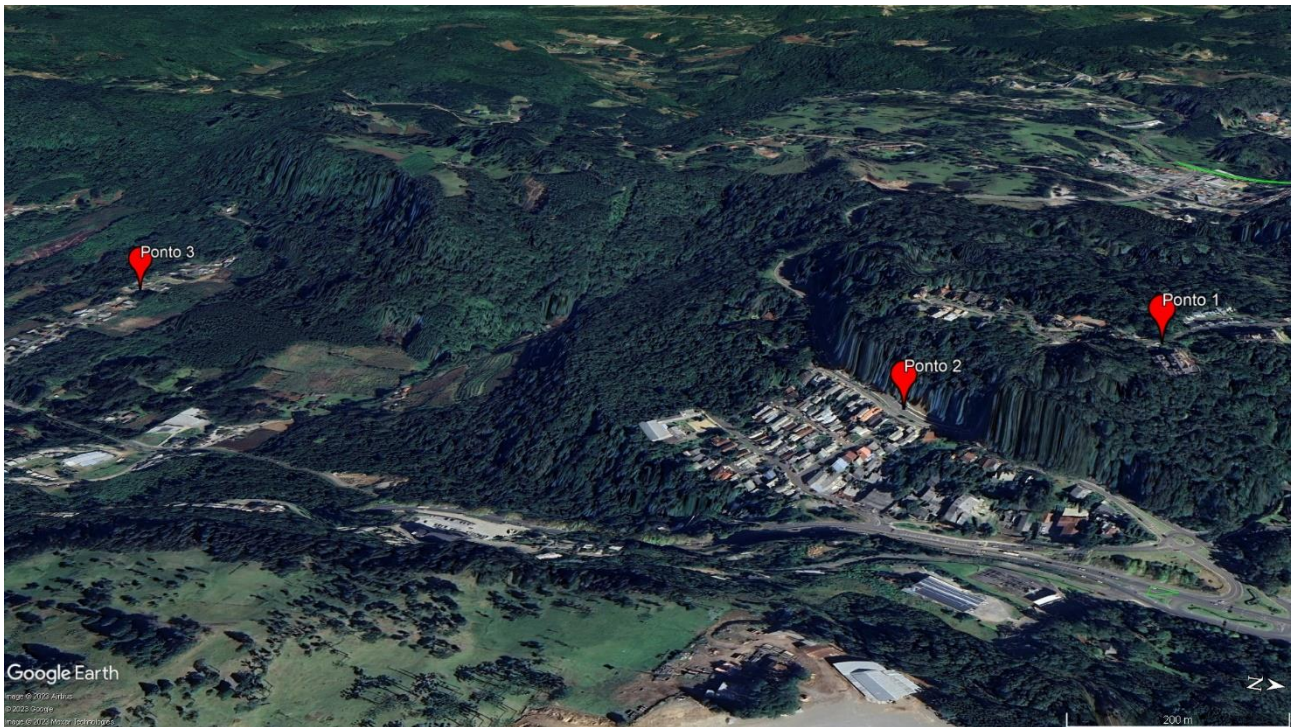


Figura 4 - Localização dos pontos vistoriados no município de Gramado/RS: Ponto 1: Rua das Azaleias; Ponto 2: Estrada da Pedreira e Ponto 3: Loteamento Orlandi.

5. RESULTADOS

5.1 – Ponto de vistoria 1: rua Ladeira das Azaleias, bairro Três Pinheiros

Em primeira vistoria no dia 22 de novembro, foi observado um prédio de 4 pavimentos, com danos estruturais, emitindo sons de quebras de estrutura de alvenaria. No entorno dele foram observadas trincas no pavimento da estrada apresentando desnível de ordem de 0,5 a 1 metro em relação ao solo. Chama a atenção a disposição radial destas trincas, o que leva a crer que as mesmas tenham sua gênese ligada a uma movimentação do terreno local e não provinda do colapso estrutural do edifício. Esta hipótese é corroborada pela existência de trincas radiais (rachaduras em formato radial) ao longo da extensão da rua, não somente na pista de asfalto, mas também em face de vertente natural, em distância considerável ao edifício. A Figura 4 exemplifica as trincas observadas em frente ao edifício. Vale destacar, que tal edifício veio a colapsar no dia 23 de novembro de 2023, revelando mais trincas. O fato de trincas deste porte terem ocorrido em terrenos de baixa declividade, podem indicar processo de movimento de massa conhecido como rastejo ou *creeping*, hipótese esta que será discutida mais a frente neste relatório.



Figura 4 – Edifício Condado Ana Carolina apresentando problemas estruturais: (a) Deformações observadas nas colunas de sustentação; (b) Abatimento de terreno apresentando trincas no solo de ordem de 0,5 a 1 m; (c) Trincas em formato radial; (d) Trinca de ordem de 0,5 m longitudinal à pista da rua e (e) Trinca reconhecida pós colapso.

Foi vistoriada a residência em frente ao prédio que sofreu o colapso. E nessa residência, foram observadas pequenas rachaduras no solo, com abertura centimétrica, causando pequenos danos à propriedade. Foram observadas pequenas movimentações nas juntas de alvenaria da residência, existindo a possibilidade de terem sido causadas por movimentação de terreno. Tais situações são demonstradas na Figura 5.

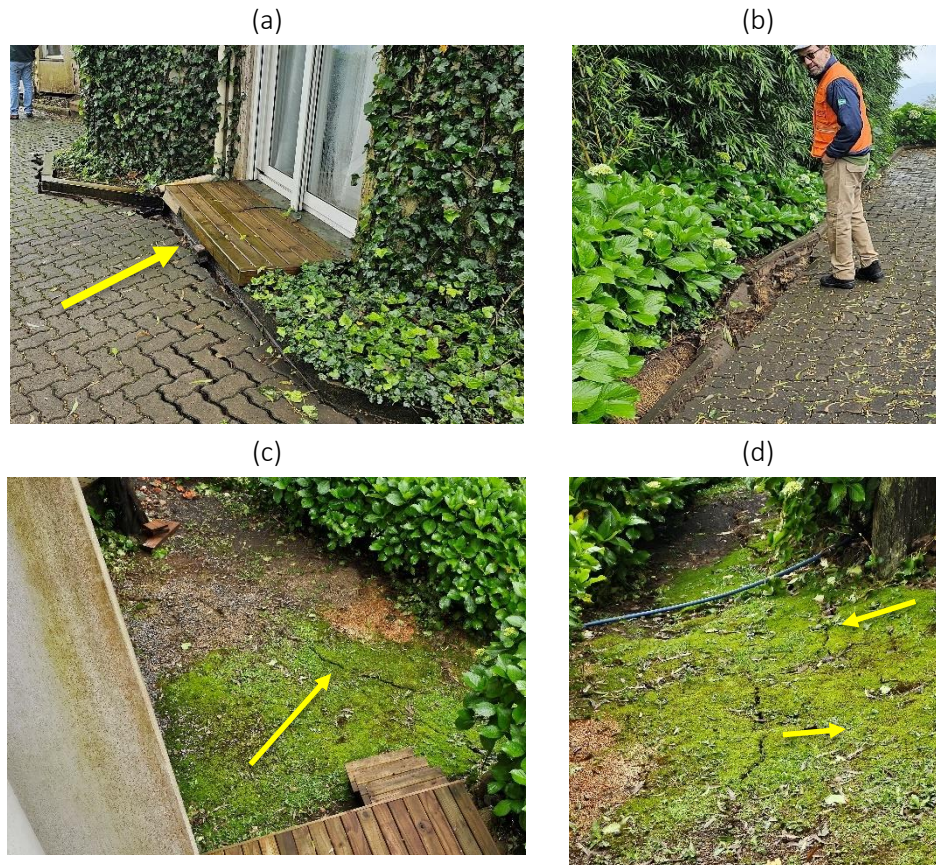


Figura 5 – Vistoria em residência a frente do edifício Condado Ana Carolina: (a) e (b) – trincas na infraestrutura da residência no contato com o solo e; (c) e (d) – Trincas reconhecidas no solo adjacente a residência.

Ao final da rua, se verificou danos na entrada de condomínio de casas por trincas de movimentação com desnível em torno de 30 cm. As trincas aqui se estendem pela primeira casa na quebra do relevo para conformação desta residência. Nesse ponto, foi possível observar a presença de trincas de tração no solo e na crista da vertente. O que corrobora para a movimentação neste local ser do solo e não somente da infraestrutura da alvenaria. Apesar de não ter sido possível vistoriar a vertente, devido a intensidade de chuvas na data da vistoria e a baixa segurança de se andar no terreno neste momento, pode-se observar deformações na vegetação, corroborando com a hipótese de se tratar de movimentação de massa do tipo rastejo deflagrado pelas chuvas acumuladas no último mês. Tais situações são evidenciadas na Figura 6.

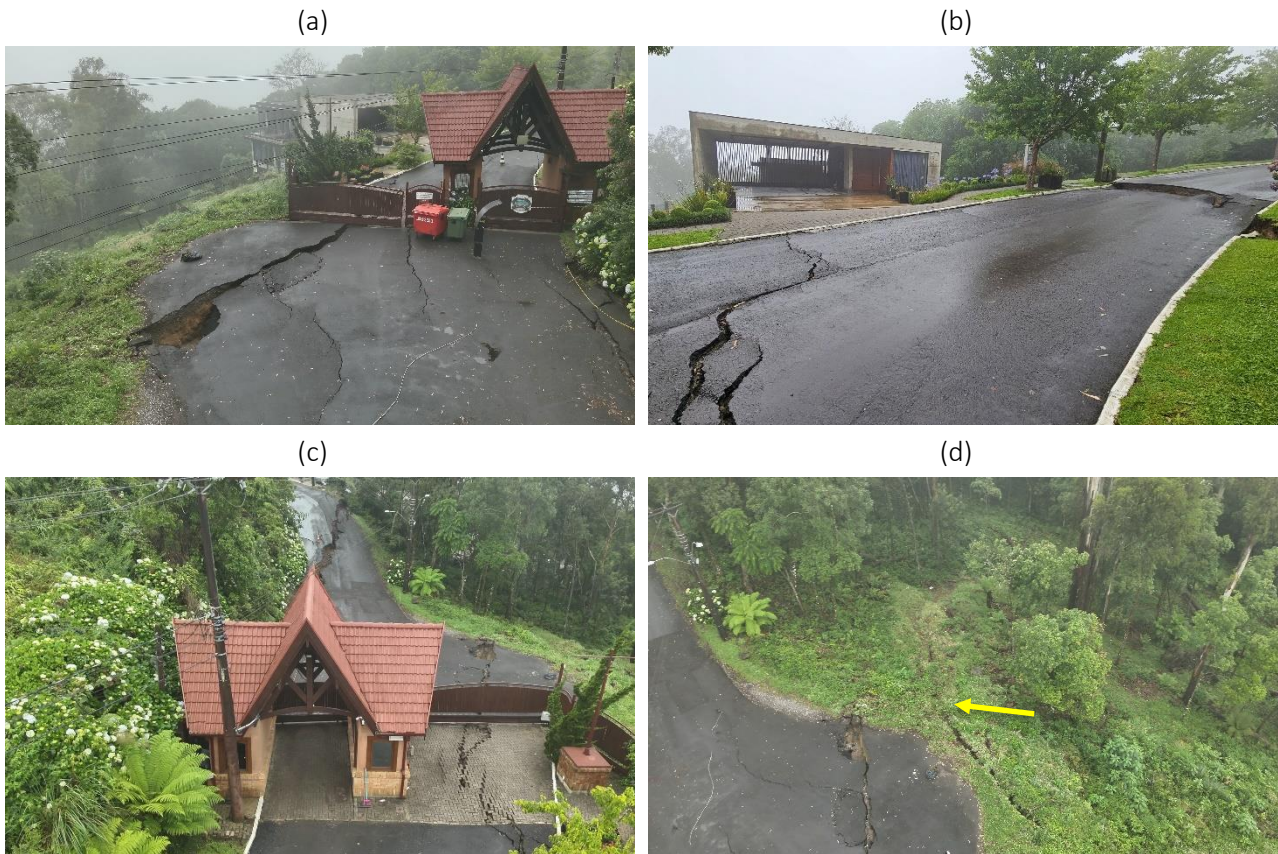


Figura 6 – Condomínio de casas ao fim da rua Ladeira das Azaleias: (a) Trinca no solo paralela a crista da vertente do terreno; (b) – casa de alvenaria em torno de trincas no solo causando desnível em pavimento, em situação de risco; (c) Pórtico do condomínio danificado por trincas no solo e (d) Trincas observadas na face da vertente natural do terreno.

5.2 – Ponto de vistoria 2: Estrada da Pedreira, bairro Três Pinheiros

Neste ponto foi observado uma sequência de dois deslizamentos em talude de corte para implantação de estradas e, adjacente a estes, uma obra de contenção de cortina atirantada apresentando problemas estruturais. Esses deslizamentos, popularmente conhecidos como “quedas de barreiras”, ocorrem em decorrência da supersaturação do solo pelas águas de grandes chuvas. Esta saturação reduz a coesão do solo enquanto a alta declividade do corte para a implantação da estrada reduz o atrito entre as partículas que formam o solo, causando assim o processo de deslizamento. Importante salientar que a textura do solo local é areno-argilosa, com presenças do mineral mica, e perfil raso, o que indica uma fragilidade importante frente ao intemperismo. Foi possível observar que o ponto de ruptura se deu no contato do solo coluvionar com o solo de alteração da rocha local. A Figura 7 traz uma visão dos deslizamentos vistoriados.

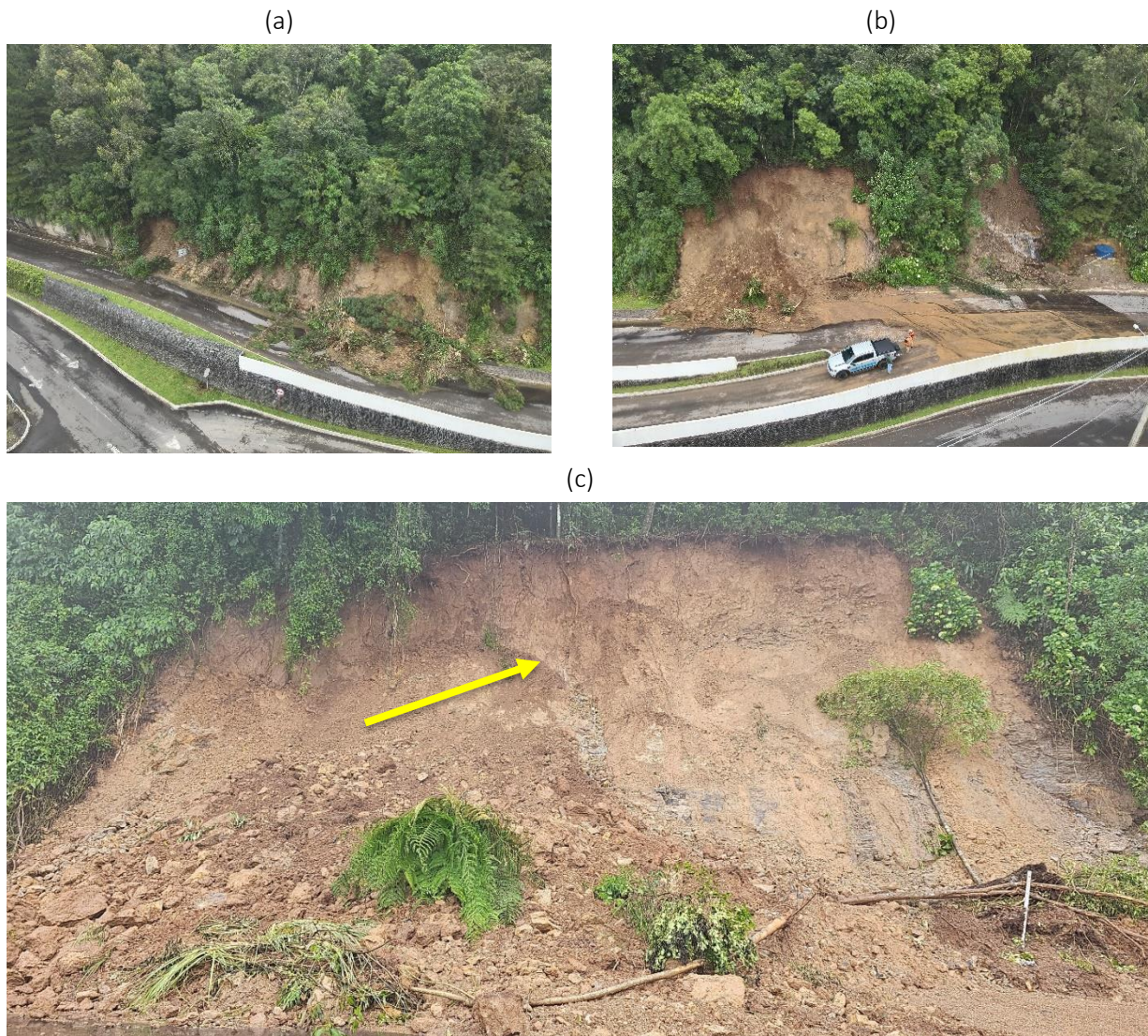


Figura 7 - Deslizamentos em corte de alto aclive em talude para implantação de estrada: perfil de solo raso, textura areno-argilosa. Ponto de ruptura no contato do solo coluvionar com o solo residual da rocha conforme seta indicando.

Não foi observado no local sistemas de drenagem que possam atenuar o processo de saturação do solo por águas de chuvas, como canaletas de crista e escadas hidráulicas. Um aspecto que se destaca são os pontos de surgência de água na face do talude. O volume de água observado reforça a hipótese de supersaturação do solo frente a grandes chuvas. Foi utilizado um sensor termal em um drone para verificar pontos de surgência de água e os diversos pontos reconhecidos estão demonstrados na Figura 8.

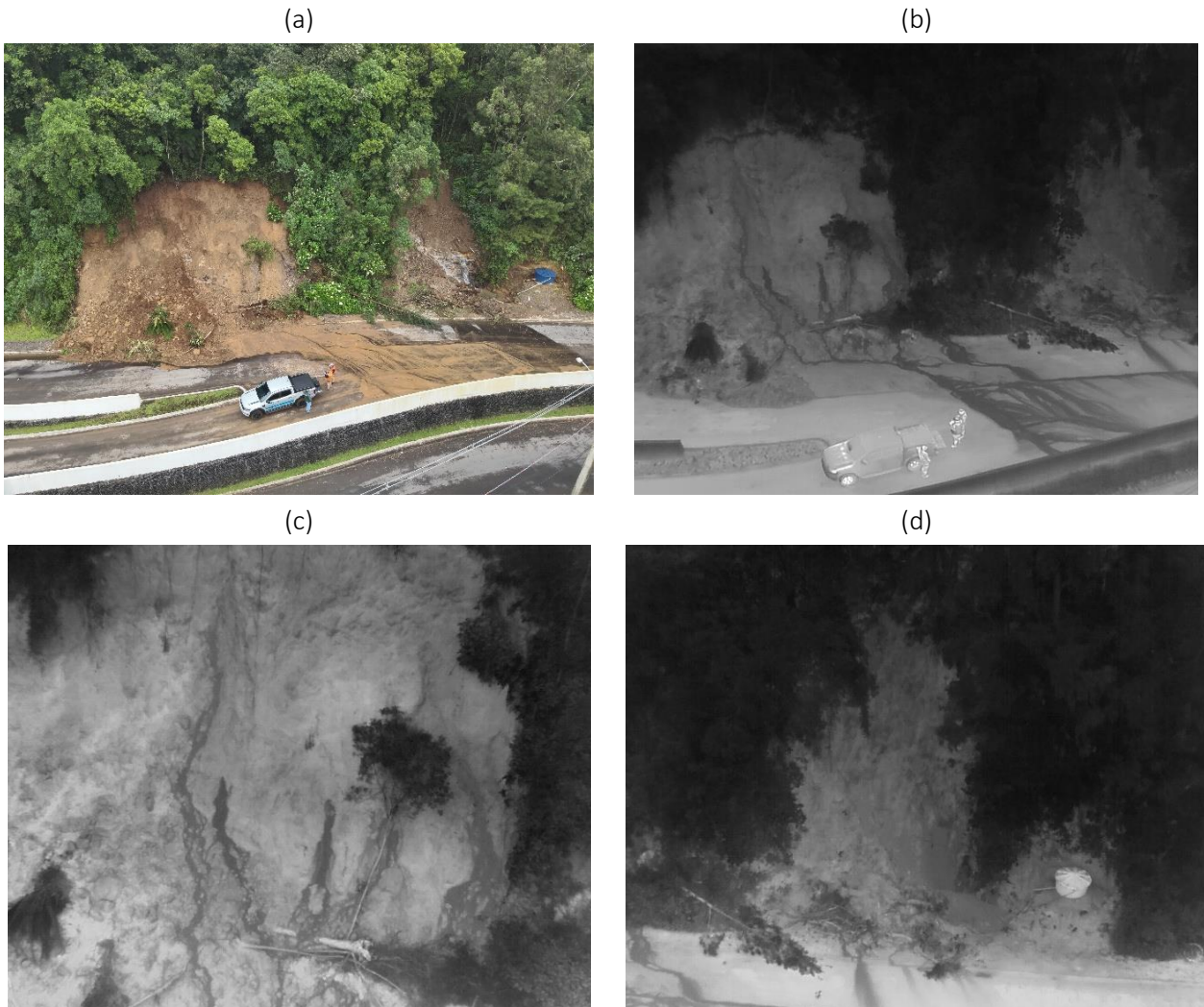


Figura 8 – Avaliação de surgência de água em facie de talude: (a) Vista para os dois principais deslizamentos no local; (b) Foto termal por sensor infravermelho, áreas escuras (frias) indicando os pontos de surgência de água consequentemente a supersaturação do solo; (c) destaque para pontos de surgência de água e (d) talvegue apresentando grande volume de fluxo de água.

Ainda neste local, se observou deformação de dispositivo de contenção, tratando-se de cortina atirantada, o que reforça a hipótese de suscetibilidade desta encosta a deslizamentos. No momento da vistoria, foi identificado que o dispositivo se apresenta deformado em sollicitação a movimento de massa. O sensor termal em infravermelho revelou que ocorre percolação de água entre as juntas dos muros de concreto da cortina. Outro fator importante verificado, é a percolação de água entre os tirantes, que pode levar a oxidação dos mesmos e valida a ideia de um possível colapso da estrutura. A Figura 9 exemplifica as situações aqui descritas.

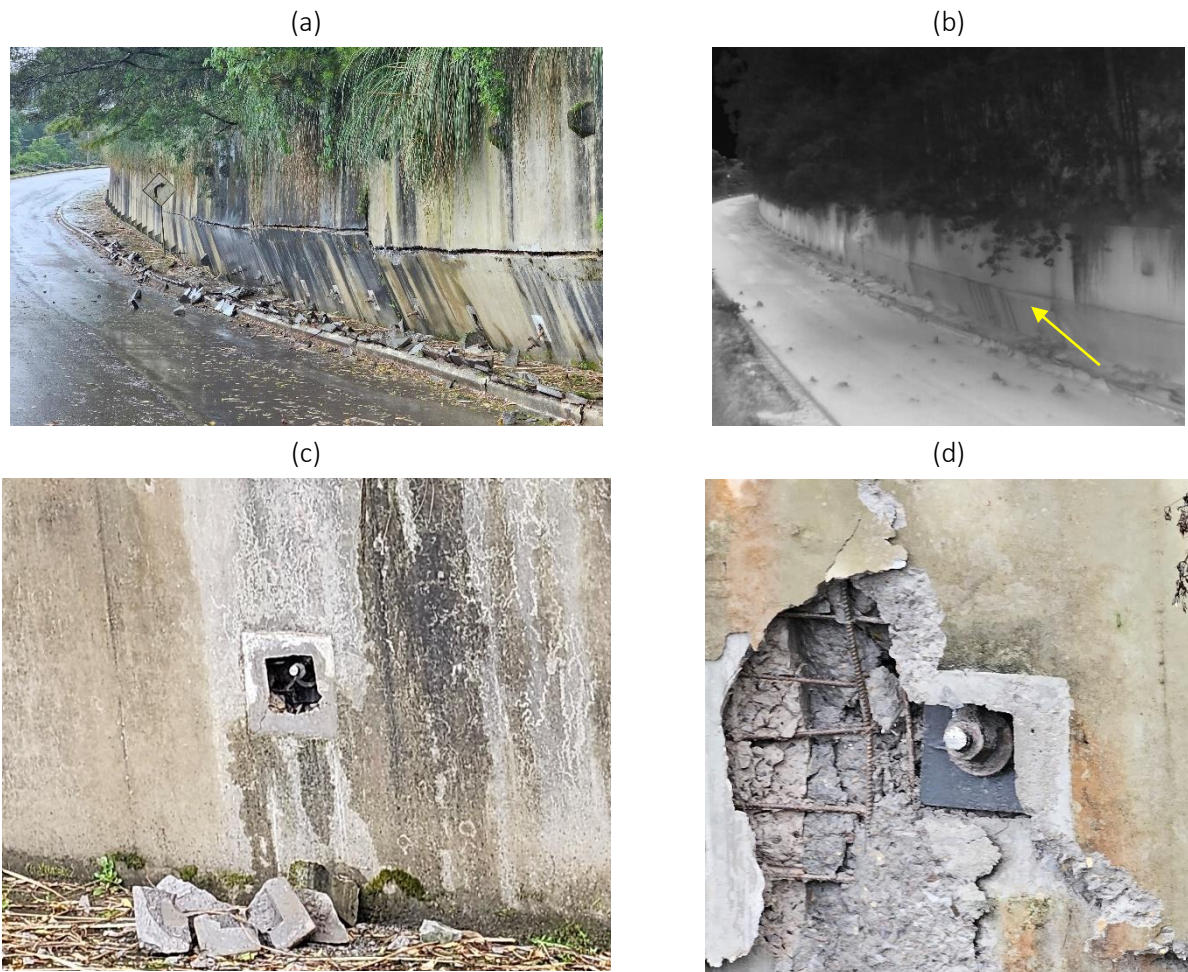


Figura 9 – Dispositivo de contenção do tipo cortina atirantada na Estrada da Pedreira: (a) Deformação em solicitação a movimento de massa na encosta. (b) Sensor termal indicando processo de surgência de água no dispositivo; (c) Surgência de água através do tirante e (d) deformação e dano na estrutura da contenção na região do tirante.

5.3 – Ponto de vistoria 3: Rua Augusto Orlandi, Loteamento Orlandi.

De forma análoga ao vistoriado na rua Ladeira das Azaleias, neste ponto da rua Augusto Orlandi, foi verificada a existência de trincas no pavimento em um ponto alto da rua. Ainda que em menor proporção, foram identificados danos na estrutura das casas, com trincas transversais nas estruturas de alvenaria, que indicam movimentação do solo local. Chama atenção trincas de solo em terreno de baixa declividade, o que demonstra um possível movimento de rastejo no local. As situações vistoriadas são apresentadas na Figura 10.



Figura 10 – Trincas reconhecidas no bairro Loteamento Orlandi: (a) Residências apresentando trincas no solo, colocado lona sobre estas com o fim de evitar a infiltração de águas das chuvas; (b) Trincas dispostas em diagonal em casa de alvenaria podendo estar relacionado com movimentação do solo; (c) Trinca em solo próximo a residência e (d) Trinca diagonal em parede de alvenaria indicando movimentação de solo sob residência.

6. PROCESSOS DE RASTEJO: O QUE SÃO?

Movimentos de massa podem ser conceituados como processos superficiais que envolvem deslocamento de solo e/ou rocha, podendo ser deflagrados por processos intempéricos como chuvas (SELBY, 1993). Dentre os principais tipos de movimentos de massa, o que mais se assemelha às ocorrências da rua Ladeira das Azaleias e da rua Augusto Orlandi são os rastejos ou *creeping*.

O rastejo pode ser caracterizado por um deslocamento de geometria imprecisa que se movimenta em vários planos, com uma velocidade que diminui à medida que a profundidade aumenta. Esses movimentos podem ser contínuos, sazonais ou intermitentes, como descrito por Carvalho *et al.* (2007). O Manual de Desastres do Ministério de Desenvolvimento Regional (MDR)² caracteriza estes movimentos como “Movimentos gravitacionais de massa, caracteristicamente lentos, que podem ser medidos em centímetros por ano. Podem ser contínuos ou pulsantes. Esses últimos associam-se a alterações climáticas sazonais, intensificando-se nos períodos de chuva e estacionando nos períodos secos. O processo não apresenta superfície de ruptura bem definida e os limites entre a massa em movimento e o terreno estável são transicionais”. O guia ainda traz, que as evidências deste tipo de movimentos de massa são: rachaduras abertas em todo o terreno (podendo se agravar de forma gradual), Inclinação de árvores, estacas, cercas e postes. O Bloco diagrama esquemático da Figura 11 exemplificam o movimento de massa em questão.

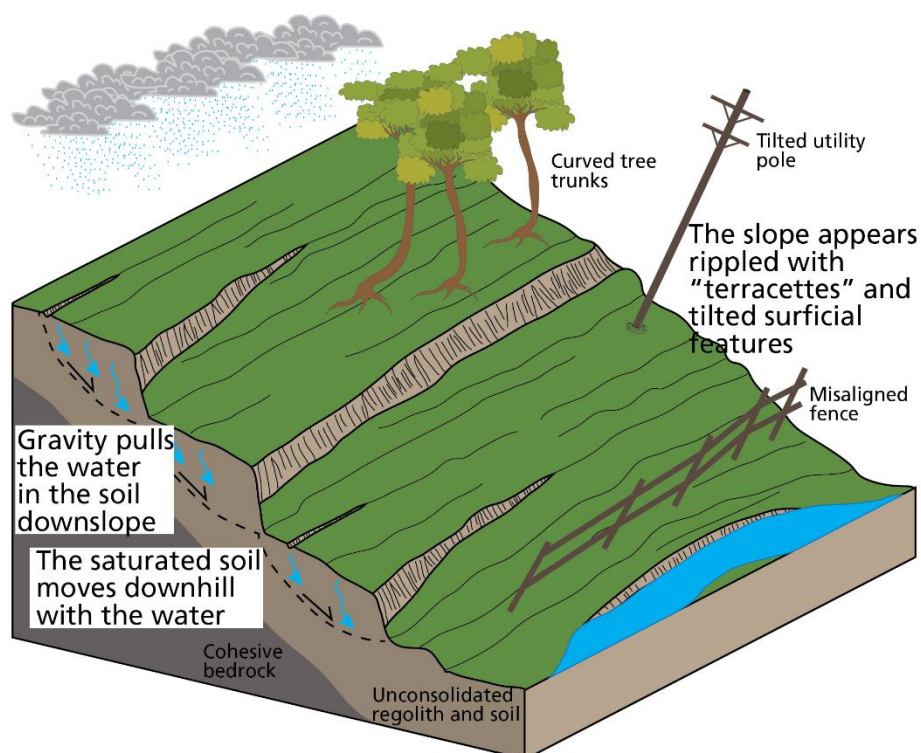


Figura 11 – Bloco diagrama esquemático representando um processo de rastejo: trincas de movimentação, degraus de abatimento de solo, inclinação de vegetação e cerca. Fonte da imagem: <https://www.nps.gov/>.

O que mais chama a atenção para os movimentos observados na rua Ladeira das Azaleias e na rua Augusto Orlandi, é a baixa inclinação dos terrenos e tamanho das trincas de movimentação. Sabe-se por exemplo, que deslizamentos planares e/ou rotacionais, são mais comuns em terrenos com maiores gradientes de declividade, como os que aconteceram na Estrada da Pedreira, descrito no item 5.2 deste relatório.

² Disponível em:

https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/Desastres_Naturais_Voll.pdf

Portanto, a melhor hipótese que explica os movimentos das regiões dos itens 5.1 e 5.3 são os rastejos, que conforme explicado no Manual de Desastres do MDR, em reposta a grandes chuvas, como as ocorridas no mês de novembro de 2023 em Gramado, os movimentos tendem a desencadear pulsos de movimentação devido à grande infiltração de água de chuva no solo.

É importante salientar que, do ponto de vista geológico, estes bairros estão sobre domínios de rocha basálticas da Formação da Serra Geral. Eventos de rastejo semelhantes a estes foram observados em solos formados em contexto geológico semelhante, como é o caso de Igrejinha/RS e Concordia/SC. Estes eventos foram mapeados pelo Serviço Geológico do Brasil e são demonstrados na Figura 12 (BELLETINI e MENDONÇA, 2019; SILVA e MENDONÇA, 2018).



Figura 12 – Desastres e danos causados por movimentos de rastejo em solos derivados de basalto da formação Serra Geral em outros municípios: (a) e (b) Dano em residência de alvenaria em encosta de baixo aclive, por pulso de movimentação do processo de rastejo na Av. Albino Meinhart, município de Igrejinha/RS. Notar trinca de movimentação semelhante às observadas nas ruas da Azaleia e Augusto Orlandi. A área foi mapeada e consta no setor de risco SR 42 do SGB-CPRM (2019); (c) Danos em encosta decorrentes de rastejo evoluindo para possível deslizamento rotacional no município de Concordia/SC no bairro Parque de Exposição. Setor de risco mapeado pelo SGB-CPRM (2019) como Setor 27; (d) Casa de alvenaria danificada em pulso de movimentação em terreno de baixo aclive, notar trincas radiais de deformação; (e) Trincas de movimentações reconhecidas no local.

7. SUGESTÕES PARA MANEJO SEGURO DAS ÁREAS E AÇÕES FUTURAS.

Aqui são sugeridas ações que podem proporcionar, em primeiro momento, um manejo de forma segura dos locais vistoriados a curto prazo, de forma que, as tomadas de decisão do poder público sejam eficientes no que diz respeito a manejo das áreas em risco geológico descritas neste relatório. Em seguida, são sugeridas ações estruturantes e não estruturantes, voltadas à atenuação e mitigação dos riscos geológicos.

Sugestões a curto prazo:

- i) Monitoramento diário das encostas com trincas de movimentação e mensurar o quanto estas estão se movimentando diariamente: aqui se trabalha com a hipótese de movimentos de rastejo e, conforme já descrito, tratam-se de processos lentos que podem apresentar pulsos de movimentação em períodos de grandes chuvas. O monitoramento é essencial para definir o quanto o terreno está se movendo, especialmente durante a temporada de chuvas. Importante frisar que trincas já abertas são condutoras de água e, portanto, não se descarta a possibilidade de ocorrência de novos pulsos de movimentos durante ou logo após as próximas precipitações.
- ii) Mapear as trincas que possam existir na vertente que compreende a rua Ladeira das Azaleias até a Estrada da Pedreira: devido ao tempo chuvoso no momento das vistorias, não foi possível examinar esta área por segurança operacional.
- iii) Aguardar estiagem para realizar o retorno da população residente no entorno das áreas críticas: as ruas Oto Schmitt e Caldas Junior, se encontram em um contexto geológico semelhante às áreas críticas do bairro Três Pinheiros. Portanto, se sugere que antes do retorno da população residente nestas ruas, seja feita uma vistoria com o intuito de verificar eventuais indícios de rastejo, como trincas, pequenas fendas no solo, vegetação deformada, deformações em muros e cercas, dentre outros.
- iv) Avaliação por profissional legalmente habilitado para tal, a fim de verificar as condições estruturais das casas e prédios próximos às trincas geradas pela movimentação do terreno.
- v) Avaliação por profissional legalmente habilitado par tal, a fim de verificar a real eficiência dos sistemas de drenagem das áreas afetadas.
- vi) Criação de rota segura nas ruas do bairro Três Pinheiros, com o objetivo de evitar o tráfego na Estrada da Pedreira, até que seja feita uma avaliação geotécnica por profissional habilitado acerca das condições de estabilidade dos taludes e contenções desta estrada.

Sugestões para mitigação de risco das áreas vistoriadas:

- i) Monitoramento constante dos bairros. Problemas com movimentos de rastejo podem ser crônicos, principalmente em períodos de chuvas de grandes volumes ou chuvas estacionárias.
- ii) Avaliação por empresa especializada em geotecnia, com o intuito de analisar a viabilidade técnica e econômica de se executar obras de contenção no local. Importante que a avaliação seja feita por meio de investigação geotécnica do solo, buscando sua real natureza e competência.
- iii) Avaliação por empresa ou profissional habilitado, com vistas a analisar a viabilidade técnica e econômica de se executar obras de drenagem que busquem diminuir os pontos de surgência de água na encosta e encaminhamento correto das águas das chuvas, de forma que se evite a saturação do solo.
- iv) Criação de políticas públicas que reduzam as ocupações nessas áreas, com o fim de evitar o surgimento de novas áreas de risco.

- v) Criação de sistemas de alerta nas áreas de risco, para alertar a população antecipadamente sobre a ocorrência de chuvas intensas.
- vi) Elaboração de Plano de Contingência e promoção de simulados de evacuação das áreas de risco do município.
- vii) Ações de educação ambiental e de percepção de risco para os moradores dessas áreas e formação de líderes comunitários que possam ajudar e orientar a população local em conjunto com a defesa civil municipal.

Por fim, é recomendável atualizar o mapa das áreas de risco em Gramado. Com o notável crescimento do município nos últimos anos, uma nova avaliação se torna essencial para detectar possíveis novas áreas de risco, similares às examinadas, e reavaliar aquelas já identificadas, especialmente em relação ao nível de perigo que representam. De forma análoga, a execução de carta geotécnica de aptidão a urbanização seria um instrumento importante para orientar o crescimento urbano do município em áreas mais propícias a urbanização, evitando geração de áreas de risco, visando o crescimento sustentável de Gramado.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BELLETTINI, Ângela da Silva; MENDONÇA, Renato Ribeiro. Setorização de áreas em alto e muito alto risco a movimentos de massa, enchentes e inundações: Igrejinha, Rio Grande do Sul. [Igrejinha]: CPRM, 2019

CARVALHO, C.S., MACEDO, E.S., OGURA, A.T. 2007. Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios. Relatório técnico, Brasília, Convênio Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas- IPT, 176p.

SELBY, M.J. Hillslope materials and processes. New York: Oxford University Press, 1993, p. 45-116.

SILVA, José Antonio da; MENDONÇA, Renato Ribeiro. Setorização de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa, enchentes e inundações: Concórdia, Santa Catarina. [Concórdia]: CPRM, 2018.

