

AVALIAÇÃO DAS MEDIDAS MITIGADORAS DAS MOVIMENTAÇÕES DE MASSA NA RODOVIA DOS TAMOIOS (KM 68 AO KM 81) – CARAGUATATUBA/SP¹

Vinicius Hiuri ARAUJO²
Graduado em Engenharia Civil
IFSP/Campus São Paulo

Palloma Ribeiro Cuba dos SANTOS³
Professora do Departamento de Construção Civil-IFSP/Campus São Paulo
Mestre em Engenharia Civil/UNESP

RESUMO

Movimentos de massa ocorrem frequentemente no Brasil provocando diversas perdas materiais e humanas ocasionadas, principalmente, pelos índices pluviométricos e pelas ações humanas desordenadas. Verifica-se, então, a importância do estudo de intervenções construtivas que atuem como ações mitigadoras, evitando-se a instabilidade do solo e/ou de rochas e reduzindo consideravelmente a probabilidade de ocorrência de eventos catastróficos. Além disso, desde o surgimento da mecânica dos solos, tenta-se compreender a instabilidade de encostas e taludes, contudo, ainda se sabe pouco sobre a ocorrência das movimentações, deixando evidente a necessidade de maiores estudos sobre o tema. Como objeto de estudo, foi escolhida a região de Caraguatatuba, entre o km 68 e o km 81, trecho de serra da Rodovia dos Tamoios (SP-099), cujo histórico possui diversas movimentações de massa, justificando a necessidade da implementação de ações mitigadoras.

Palavras-chave: Ações mitigadoras. Movimentos de Massa. Solo. Caraguatatuba.

Introdução

Os movimentos de solo são objeto de interesse de grande parte de pesquisadores e planejadores e/ou administradores públicos, uma vez que sua ocorrência pode atingir áreas com importante infraestrutura para um país, como, por exemplo: oleodutos, gasodutos, aquedutos, rodovias, linhas de transmissão de energia e telecomunicações,

¹ Artigo resultante do Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção da graduação em Engenharia Civil.

² Endereço eletrônico: vinicius.hiuri@gmail.com

³ Endereço eletrônico: pallomar@gmail.com

além de complexos industriais e centros urbanos, tendo como consequência mais grave a perda de vidas humanas (GOMES, 2006, p. 18).

Caputo (1987, p. 379) afirma também que, mesmo com o propósito do surgimento da mecânica dos solos focada em compreender os fenômenos de instabilidades em maciços terrosos e rochosos, estes eventos ainda são os problemas majoritários nesta área da engenharia. Verifica-se, então, a importância do estudo de agentes deflagradores, bem como a análise de intervenções construtivas que atuem como ações mitigadoras, evitando-se as movimentações de massa e consequentemente a ocorrência de eventos catastróficos.

Para este estudo, foi considerado o trecho de Serra da Rodovia dos Tamoios, visto que o volume médio diário é alto, tendo em 2014 este índice na faixa de 17.253 veículos, segundo a Secretaria de Logística e Transportes do Estado de São Paulo (2017). Trata-se da rota principal daqueles que trafegam a partir ou até o município de São Paulo (SP). Além disso, a SP-099 possui diversas intersecções com outras rodovias importantes do estado: Via Dutra (BR-116), Rodovia Carvalho Pinto (SP-070) e Rodovia Rio-Santos (SP-55/BR-101). Dessa maneira, observam-se os numerosos veículos que podem ser afetados pelo despreparo de encostas e taludes às margens da Rodovia dos Tamoios.

Além do alto volume de tráfego, a Rodovia dos Tamoios possui histórico desfavorável. Durante os meses de verão em Caraguatatuba, do ano de 1967, houve precipitações que somaram cerca de 600mm e ocasionaram, em 18 de março do mesmo ano, diversos escorregamentos translacionais, totalizando 436 mortes e 400 casas totalmente destruídas (CRUZ, 1974 citado por LISTO, 2015). Quanto ao número de mortos, ainda há imprecisão em seu número exato, haja vista inúmeros desaparecimentos e corpos carregados até o mar.

Na mesma oportunidade, o Jornal Folha de S. Paulo (REIS, 1967) noticiou que o Departamento de Estradas de Rodagem (DER), que administrava na época a Rodovia dos Tamoios, ficou impossibilitada de restabelecer a ligação rodoviária, que contava com 27 barreiras caídas nas vias. O acesso ao município de Caraguatatuba se dava exclusivamente por barco ou avião, ao passo que a população local, cerca de 15 mil habitantes, passou a contrair doenças e a sofrer com a escassez de alimentos e de água.

Diante do exposto, observa-se que o histórico local é desfavorável no quesito segurança das encostas e dos grandes maciços terrosos e rochosos. Em razão disso é que se procedeu ao estudo de campo exploratório na região, cujos resultados das avaliações mitigadoras estão apresentados nas seções seguintes.

Como objetivo, avaliamos os atuais mecanismos para mitigação de movimentos de massa para obtenção de áreas seguras, assim como especificamente avaliamos agentes deflagradores e danos causados pela movimentação de massa e os tipos de movimentação de massa e suas características, além de compreender⁴ os procedimentos aplicados para a prevenção de deslizamentos e estabilização de áreas de risco valendo-se de estudo de campo explanatório na Rodovia dos Tamoios, Caraguatatuba/SP, no trecho de serra.

Do ponto de vista metodológico, a pesquisa, inicialmente, foi desenvolvida com revisão bibliográfica sobre os tipos de movimentação de massa, agentes causadores, consequências, medidas usuais para prevenção, bem como a análise da eficiência das referidas medidas. Feito isso, foi realizado estudo de campo explanatório para caracterizações *in situ* dos métodos de contenção utilizados na Rodovia dos Tamoios (SP-099), no trecho de serra compreendido entre o km 68 e o km 81.

O estudo de campo consiste em técnicas de observação focalizada em uma comunidade, analisando-se diretamente as atividades para captar as interpretações do que ocorre no local. Ademais, outros procedimentos ocorrem concomitante, como: análise documental e fotográfica (GIL, 2002, p. 53).

Movimentos de massa

Consonante a definição proposta por Montoya (2013, p. 18), os movimentos de massa compreendem os processos geológicos exógenos que envolvem mobilização de material rochoso e/ou terroso em direção a partes mais baixas por ação da gravidade. Apresentamos, no quadro 1, a classificação dos movimentos de massa, de acordo com Augusto Filho (1992):

⁴ Inclui a apresentação de fotos com descrição e legendas explicativas dos temas enfocados e, por fim, tecemos comentários, levando-se em consideração o que foi obtido a partir do estudo bibliográfico.

Quadro 1- Principais tipos de movimentos gravitacionais de massa

Processo	Características
Rastejo (creep)	vários planos de deslocamento (internos); velocidades muito baixas (cm/ano) a baixas e decrescentes com a profundidade; movimentos constantes, sazonais ou intermitentes; solo, depósitos, rocha alterada/fraturada; geometria indefinida.
Escorregamentos (slides)	poucos planos de deslocamento (externos); velocidades médias (m/h) a altas (m/s); pequenos e grandes volumes de material; geometria e materiais variáveis; planares – solos poucos espessos e rochas com 1 plano de fraqueza; circulares – solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas; em cunha – solos e rochas com dois planos de fraqueza.
Quedas (falls)	sem planos de deslocamento; movimentos tipo queda livre ou em plano inclinado; velocidades muito altas (vários m/s); material rochoso; pequenos a médios volumes; geometria variável: lascas, placas, blocos <i>etc.</i> ; rolamento de matacão e tombamento.
Corridas (flows)	muitas superfícies de deslocamento; movimento semelhante ao de um líquido viscoso; desenvolvimento ao longo das drenagens; velocidades médias a altas; mobilização de solo, rochas, detritos e água, em grandes volumes; extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas.

Fonte: AUGUSTO FILHO (1992)

Agentes deflagradores

Os agentes deflagradores dos movimentos de massa são fatores que induzem o dinamismo dos diversos fenômenos anteriormente listados, como apontam Augusto Filho e Virgili (1998, p. 245):

[...] A deflagração das instabilizações de taludes e encostas é controlada por uma cadeia de eventos, muitas vezes de caráter cíclico, que tem sua origem com a formação da própria rocha e toda sua história geológica e geomorfológica subsequente, como movimentos tectônicos, intemperismo, erosão, ação antrópica, etc. (AUGUSTO FILHO E VIRGILI, 1998, p. 245)

A identificação dos eventos responsáveis pela movimentação de massa se torna importante para que, eventualmente, possam ser adotadas medidas corretivas ou

preventivas no maciço. Nesse sentido, Guidicini e Nieble (1984) distinguem os agentes deflagradores em predisponentes e efetivos, como exposto no Quadro 2:

Quadro 2- Agentes dos movimentos de massa

Agente	Descrição
Predisponentes	Condições geológicas (ângulo de atrito, permeabilidade, coesão etc.), geométricas e climático-hidrológicas em função apenas de condições naturais, não atuando qualquer forma de ação antrópica
Efetivos	Elementos diretamente responsáveis pelo desencadeamento do movimento de massa, incluindo-se a ação antrópica, podendo ser preparatório (pluviosidade, ações humanas, desflorestamento, etc.) ou imediato (chuva intensa, terremoto, vento etc.)

Fonte: GUIDICINI E NIEBLE (1984)

Vieira (2007, p. 30) discorre que forma, orientação e declividade das encostas também devem ser consideradas como fatores que podem ser agentes que afetam a estabilidade de um maciço. Na visão de Tominaga, Santoro e Amaral (2009), escorregamento de solos e/ou rochas ocorrem geralmente associados a eventos pluviométricos intensos e prolongados durante os períodos chuvosos, que, na região tropical brasileira, corresponde ao verão, especificamente nos meses que iniciam o ano.

Nesse ponto, cumpre-nos explicitar que diversas atividades humanas também podem contribuir ou desencadear os movimentos terrosos e/ou rochosos. Highland e Bobrowsky (2008) citam alguns destas atividades: escavação de taludes e encostas na sua base; uso e ocupação de locais instáveis para construção; sobrecarga em locais com declive ou crista, tais como aterros no topo de uma encosta ou talude; desmatamento, desflorestamento; irrigação; atividades explosivas ou vibratórias de grande intensidade, tais como cravação de estacas; vazamento de água de infraestruturas; desvios (planejados ou não) de um recurso hídrico, através da construção de pilares, barragens, diques *etc.*

Assim, alterar as configurações geométricas de um talude ou uma encosta, acrescentando-lhes uma sobrecarga na região superior (crista) ou, então, retirando parte de sua massa na região inferior (base) pode desencadear a instabilidade da massa terrosa e/ou rochosa (GUIDICINI; NIEBLE, 1984, p. 53). A exemplo destas alterações, estão as obras de preparação do terreno (cortes e aterros) que, se executadas incorretamente, podem induzir o aumento das tensões cisalhantes (GERSCOVICH, 2012, p. 33).

Ações mitigadoras

Ações mitigadoras dos movimentos de massa incluem todas as atividades que objetivam amenizar as consequências ou mesmo evitar a ocorrência dos movimentos de massa. Cerri *et al.* (2007) apresentam algumas tipologias de intervenções focadas na redução de riscos:

Quadro 3- Tipologia de intervenções focadas à redução de riscos identificados

Tipo de Intervenção	Descrição
Serviços de limpeza e recuperação	Correspondem a serviços manuais e/ou utilizando equipamentos de pequeno porte para remoção de resíduos e recuperação de sistemas de drenagem existentes.
Obras de drenagem superficial, proteção vegetal (gramíneas) e desmonte de blocos e matacões	Implantação de sistemas drenantes superficiais, como: canaletas, caixas de transição e escadas d'água. Inclui também proteção de taludes com gramíneas.
Obras de drenagem de subsuperfície	Sistemas como trincheiras drenantes e poços de rebaixamento que correspondem a serviços parcialmente ou totalmente mecanizados.
Estruturas de contenção localizadas ou lineares	Implantação de estruturas de contenção como: tirantes, estacas, muros de contenção, gabiões, muros de concreto etc.
Obras de terraplanagem de médio e grande portes	Predomínio de serviços mecanizados que incluem cortes, aterros, compactação, desvio e canalização de córregos.
Estruturas de contenção de médio e grande portes	Implantação de estruturas de contenção com grandes altura e largura, envolvendo obras de muros de gravidade, cortinas etc.
Remoção de moradias	Retirada definitiva de moradias em áreas de risco ou remoção temporária para implantação de obras de contenção, por exemplo.

Fonte: CERRI *et al.* (2007)

As medidas preventivas são distinguidas por Tominaga, Santoro e Amaral (2009) em não estruturais e estruturais, em que estas últimas estão relacionadas com obras de engenharia de alto custo, como por exemplo: contenções de encostas, implantação de sistemas drenantes e adequação/readequação urbana. No caso das medidas não estruturais, fazem referência às ações de planejamento e gerenciamento do uso do solo, tais como: zoneamento, plano preventivo de defesa civil (PPDC) e educação ambiental. Além disso, há outras medidas preventivas que podem ser adotadas pelos habitantes de áreas de risco e órgãos governamentais, que são: evitar construções próximas à encostas, taludes e recursos hídricos; não realização de obras de terra sem as

devidas outorgas municipais; análise de risco e eventual implantação de planos de alerta e evacuação; não desmatar encostas e taludes, bem como o não lançamento de resíduos nestes locais; verificação periódica das estruturas edificadas, observando-se o surgimento de trincas e fissuras, e movimentações do terreno; acompanhamento de boletins meteorológicos, em razão de eventuais chuvas intensas que possam deflagrar movimentos de massa.

Estudo de campo exploratório

Compreendidos os movimentos de massa, seus causadores e as medidas comumente aplicadas para redução de danos, foi feito estudo de campo exploratório *in loco* na Rodovia dos Tamoios nos dois sentidos da via entre os km 68 e km 81, trecho de serra, localizado no município de Caraguatatuba, no Estado de São Paulo. Nesta etapa explanatória, buscou-se avaliar as ações mitigadoras aplicadas para contenção de encostas às margens da rodovia.

Caraguatatuba é um município do litoral norte do Estado de São Paulo. Na Figura 1, tem-se a localização da cidade dentro do estado paulista e pode-se compreender a extensão territorial e os municípios do seu entorno.

Figura 1- Município de Caraguatatuba – SP



Fonte: IBGE, 2017

A Rodovia dos Tamoios é dividida em dois trechos principais: trecho de planalto e trecho de serra (Figura 2). O trecho de serra, integralmente inserido no território da Estância Balneária de Caraguatatuba, possui às suas margens diversas encostas, taludes e maciços rochosos e terrosos com maior vulnerabilidade à ocorrência de

movimentações de massa, razão pela qual o estudo de campo exploratório está focado nesta região.

Figura 2- Ilustração dos trechos da Rodovia dos Tamoios



Fonte: Concessionária Tamoios, 2017a

A Figura 3 ilustra a localização de estudo, destacada em azul, realizada em 08 de julho de 2016. O trecho está compreendido entre o km 68 (marcador verde) e o km 81 (marcador vermelho). Nesta oportunidade, foram verificadas as diversas ações mitigadoras implantadas e mantidas pela Concessionária Tamoios frente às movimentações ocorridas ou em locais de risco.

Figura 3- Trechos de estudo de campo exploratório, compreendido entre o km 68 (marcador verde) e o km 81 (marcador vermelho) da Rodovia dos Tamoios



Fonte: Google Earth, 2016

O percurso de 13 quilômetros de extensão foi realizado parcialmente por meio de veículo automotivo e parcialmente a pé, com diversas paradas nos locais em que foram verificadas medidas para evitar ou reduzir os movimentos de massa, anteriormente citados.

A grande demanda de usuários comentada inicialmente é justificada pela proximidade com uma das principais metrópoles brasileiras (São Paulo/SP) e por Caraguatatuba possuir grandes potenciais turísticos: praias, fauna e flora.

Resultados e discussões

Após a verificação *in loco*, procedeu-se à compreensão dos procedimentos aplicados para a prevenção de deslizamentos e estabilização de áreas de risco na Rodovia dos Tamoios, Caraguatatuba/SP, no trecho de serra. Entre o km 68 e o km 81 da Rodovia dos Tamoios, há diversos trechos com muros de concreto, que além de exercer a função de guarda roda, contêm a base das encostas. Apesar de vida útil extensa, notou-se que, em alguns trechos, os referidos muros não possuíam barbacãs ou outros dispositivos para drenagem de água pluvial do maciço recostado (Figura 4).

Figura 4- Muro de concreto com barbacãs obstruídos e instalados em regiões superiores, permitindo a infiltração de água em regiões inferiores



Fonte: Autores

Por esta razão, estes muros apresentavam manchas de infiltração de água em toda sua base (onde há o acúmulo da água impedido de escoar), trincas e fissuras que afetam a duração de sua vida útil.

Próximo ao km 71, no sentido de Caraguatatuba, constatou-se escada d'água para drenagem superficial do terreno, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5- Escada d'água para drenagem superficial do terreno



Fonte: Autores

Apesar de sua construção ter sido realizada em meio à vegetação densa, sujeita à queda de folhas e galhos, a escadaria de água não apresentava obstruções que prejudicassem sua funcionalidade e sua eficiência drenante. Por ser constituída de concreto, apresenta boas condições de durabilidade.

As escadas d'água da Rodovia dos Tamoios no trecho estudado (km 68 ao km 81) apresentavam-se conectadas a galerias subterrâneas (

Figura 6), não prejudicando o traçado rodoviário, não ocasionando imperfeições na superfície de rodagem e não permitindo que parte da água pluvial que escoa pelas encostas se encaminhe pela via pavimentada, o que, caso contrário, aumentaria o risco de formação de lâmina d'água e conseqüentemente o aumento de acidentes durante as chuvas.

Figura 6- Interligação entre escada d'água e galeria subterrânea



Fonte: Autores

Outra ação mitigadora dos movimentos de massa foi observada entre o km 77 e o km 78, no sentido litoral. Para possibilitar a criação de uma pista auxiliar de segurança pavimentada (Figura 7 e Figura 8), a Concessionária Tamoios executou obras de corte e aterro no local.

Figura 7- Vista da pista auxiliar entre o km 77 e o km 78



Fonte: Autores

Figura 8- Pista auxiliar entre o km 77 e o km 78 próxima à encosta retalhada



Fonte: Autores

Além do corte, foi executado retaludamento do maciço remanescente, de modo a garantir maior estabilidade da encosta. Comparando-se as características observadas em 2015, conforme Figura 9, o retaludamento foi feito através de corte com abrandamento da inclinação do talude e redução de sua altura.

Figura 9- Trecho da Rodovia dos Tamoios entre o km 77 e o km 78 antes das obras de retaludamento



Fonte: Google Maps, 2015

Adicionalmente ao retaludamento, foi realizado o plantio de placas de grama na superfície inclinada e na crista do talude, reduzindo o escoamento superficial de água pluvial diretamente sobre o solo e permitindo que os vazios do solo fossem preenchidos pelas raízes da vegetação, garantindo maior resistência e estabilidade do maciço terroso.

Figura 10- Placas de grama executadas após o retaludamento da encosta.



Fonte: Autores

Por outro lado, durante as observações de campo exploratório, foram verificadas, também, ações mitigadoras de contenção de massa que aparentavam ser inadequadas e encostas suscetíveis à movimentação sem qualquer proteção.

No km 74 da Rodovia dos Tamoios, no sentido de Caraguatatuba, Figura 11, observou-se grande maciço rochoso e terroso, às margens da via rodoviária, sem qualquer acostamento ou afastamento que o distancie dos veículos que trafegam neste trecho. Em sua base, verificou-se que foram colocados sacos de solo-cimento na tentativa de garantir maior estabilidade à encosta (Figura 12 e Figura 13).

Figura 11- Maciço rochoso e terroso com grande volume verticalizado às margens da Rodovia dos Tamoios



Fonte: Autores

Figura 12- Sacos de solo-cimentos colocados na base da encosta



Fonte: Autores

Figura 13- Sacos de solo-cimento na base do maciço rochoso para garantir maior estabilidade



Fonte: Autores

Pelas apurações feitas *in loco*, notou-se que a ação mitigadora aplicada é caracterizada como provisória, haja vista que a quantidade de componentes é mínima e tampouco se assemelha aos muros de arrimo comumente realizados com sacos de solo-cimento, inferindo-se que inexistente qualquer projeto ou cálculo para estabilização desta encosta.

Além disso, observa-se que há despreocupação e abandono com o local, uma vez que os sacos de solo-cimento já estão parcialmente cobertos por detritos do próprio maciço, isto é, uma ação mitigadora que deveria ser provisória e/ou emergencial está tornando-se permanente.

A cobertura parcial por detritos dos sacos de solo-cimento ainda permite observar que a encosta está em movimento de escorregamento, também constatada pela Figura 14, que mostra o maciço acima da ação mitigadora adotada.

Figura 14- Superfície da encosta sobre os sacos de solo-cimento apresentados na

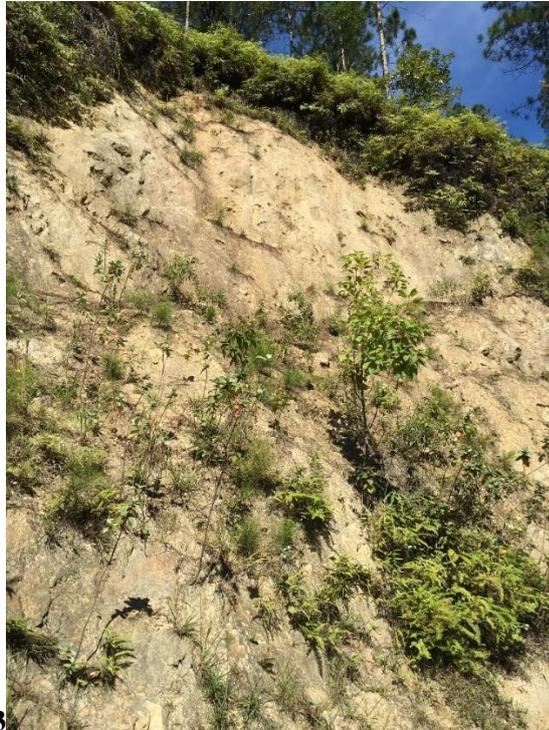


Figura 13

Fonte: Autores

Pelos estudos realizados quanto aos diversos tipos de ações de mitigação que impedem a movimentação de massa, observa-se que o retaludamento ou a construção de muro de gravidade com grande altura, apesar de serem alternativas mais dispendiosas do que sacos de solo-cimento, seriam soluções mais adequadas e duradouras para contenção do grande volume observado no km 74.

Nas proximidades do km 71 da Rodovia dos Tamoios, no sentido de Paraibuna e São José dos Campos, conforme Figura 15, observou-se encosta íngreme protegida com lonas plásticas destoando dos materiais comumente aplicados (telas metálicas, concreto projetado, argamassa ou material asfáltico). Infere-se que, novamente, houve ação provisória e/ou emergencial, justificado pelo custo e pela facilidade na obtenção do material. Complementarmente, vê-se que as lonas sequer cobrem toda a superfície, de modo que a infiltração de água pluvial e o carreamento de material não fica impedido nestes locais vazados (desprotegidos), indicados com seta vermelha na imagem a seguir.

Figura 15- Aplicação de lonas plásticas para conter escorregamentos na encosta



Fonte: Autores

Além da suscetibilidade quanto ao carreamento de detritos e infiltração de água pluvial, observou-se que as lonas plásticas estavam simplesmente apoiadas, sem qualquer contrapeso que impedissem o próprio escorregamento do material superficial. Ainda que outras alternativas de contenção possuam alto custo de implantação, a proteção superficial com argamassa ou concreto se mostra mais adequada, pois não exige manutenção frequente e impede os escorregamentos translacionais.

Em razão da ausência de blocos de rocha ou de solo, a tela metálica como proteção superficial do local observado na Figura 15

Figura 15 não se apresentaria com tanta eficiência quanto a proteção superficial constituída de concreto ou argamassa.

Também no sentido de Paraibuna e São José dos Campos, próximo ao km 71 da Rodovia dos Tamoios, constatou-se encosta íngreme totalmente desprotegida bem próxima ao trecho de circulação de veículos. Pela ausência de cobertura vegetal no local (Figura 16) e pela alta inclinação da encosta, conforme estudo bibliográfico realizado anteriormente, infere-se que está ocorrendo um escorregamento rotacional, colocando em risco os usuários da rodovia.

Figura 16- Encosta suscetível ao escorregamento, próximo ao km 71



Fonte: Autores

Como se trata de local com vegetação densa, o retaludamento da encosta implicaria a remoção parcial das árvores. A grande extensão superficial do maciço terroso também inviabiliza economicamente a proteção superficial com material artificial. Diante do que foi exposto e do estudo realizado no presente trabalho, a ação mitigadora que se mostra mais adequada para este local são os muros de gravidade que devem ser corretamente dimensionados e construídos na base da encosta, não afetando a vegetação existente e garantindo maior segurança aos usuários da rodovia.

Pelo que foi mostrado das ações mitigadoras de contenção inadequadas e locais vulneráveis à movimentação de massa, indica-se que deve haver investigação de forma

mais ampla relativa à situação às margens da rodovia. Prova disso são os deslizamentos observados em 15 de março de 2017, 50 anos após a maior catástrofe observada no município de Caraguatatuba.

Na madrugada do dia 15 de março de 2017 (Figura 17), 04 deslizamentos ocorreram exatamente no trecho em estudo deste trabalho: km 74, 77,5, 79 e 80,1. Felizmente, não houve nenhuma vítima. Entretanto, houve interdição da Rodovia dos Tamoios, em ambos os sentidos, desde o km 55 ao km 81, com duração de mais de 13 horas: das 02 horas e 30 minutos às 15 horas e 45 minutos (CONCESSIONÁRIA TAMOIOS, 2017b).

Figura 17- Deslizamento ocorrido na madrugada de 15 de março de 2017



Fonte: BITTENCOURT (2017)

Os movimentos de massa que interditaram completamente a Rodovia dos Tamoios ocorreram durante fortes chuvas. A Somar Meteorologia (2017) apurou uma precipitação de 122,8mm para o dia 15 de março de 2017. Março foi, inclusive, um mês atípico, em que foram relatados 24 dias de chuva e uma precipitação acumulada de 610,4 mm, superando a média histórica do mês (258,2 mm) em 136,41%.

Isso posto, vê-se que os deslizamentos ocorridos no dia 15 de março de 2017, além dos altos índices pluviométricos, podem ter sido ocasionados, também, pelas más ações antrópicas praticadas na região quanto à mitigação dos movimentos de massa no trecho de serra da Rodovia dos Tamoios. Fatores estes que foram os principais agentes deflagradores destacados no presente trabalho.

Considerações finais

Para manutenção de uma rodovia segura aos seus usuários, à população local e aos investimentos aplicados na infraestrutura viária, deve-se compreender quais os tipos de movimentação de massa, seus agentes causadores, as medidas mitigadoras e o histórico local. Partindo-se desse conhecimento, o estudo de campo exploratório deve ser realizado para verificação do estado de conservação e da eficácia de cada uma das ações já implementadas que tentam evitar os escorregamentos, as quedas, as corridas *etc.*

No caso da Rodovia dos Tamoios, entre o km 68 e o km 81 (trecho de serra), observou-se a utilização de métodos mitigadores dos movimentos de massa não comumente aplicados na engenharia civil como contenções permanentes. Além disso, constatou-se que estas alternativas de contenção de encosta, apesar de possuírem caráter provisório, estão sendo mantidas de forma permanente, sem evidências de manutenção regular, bem às margens do trecho de serra sem acostamento da Rodovia dos Tamoios, que possui um volume médio diário de mais de 17.000 veículos.

A existência de encostas suscetíveis às movimentações de terra, somada às intervenções inapropriadas para contenção de maciços terrosos e rochosos, pode ter motivado os quatro deslizamentos de terra apurados no dia 15 de março de 2017, exatamente no trecho em estudo. Ainda que não tenha ocasionado nenhuma morte, os deslizamentos impediram a circulação na Rodovia dos Tamoios, em ambos os sentidos, por mais de 13 horas.

Somada às intervenções humanas, ou ausência delas, deve-se atentar também aos altos índices pluviométricos no município de Caraguatatuba, em razão do seu papel como agente deflagrador dos movimentos de massa. No mês de março de 2017, por exemplo, as chuvas superaram em mais de 130% a média histórica do mês, que, por si só, já é alta: 258,2mm.

Mesmo que as constatações visuais *in loco* possam ter alertado sobre o risco no trecho de serra da Rodovia dos Tamoios, uma avaliação completa das ações mitigadoras

implantadas e necessárias exige uma análise mais detalhada de todas as obras de contenção de encosta de uma rodovia e o mapeamento de todas as áreas de risco. Desse modo, além das apurações *in loco*, devem ser incluídos estudos de viabilidade econômica de cada uma das ações mitigadoras disponíveis, análise estrutural das obras de grande e médio porte, estudos do perfil geotécnico do solo, análise do fator de segurança de encostas e taludes, apuração de dados georreferenciais e outras ferramentas para aprofundamento do tema.

O estudo de campo exploratório e a metodologia apresentada neste trabalho mostraram-se fundamentais para compreensão preliminar das ações mitigadoras e, mesmo que haja necessidade de maior abrangência das análises, o trabalho apresentado permitiu alertar uma área afetada pelos movimentos de massa, ainda que não tenha sido possível evitar os deslizamentos de 15 de março de 2017. Diante disso, sugere-se que sejam elaborados estudos similares em outras rodovias com a participação de órgãos governamentais e das concessionárias administradoras, na tentativa de melhor compreender as peculiaridades, características e necessidades locais e de alertar os efetivos responsáveis pela implantação de ações mitigadoras dos movimentos de massa.

Referências

AUGUSTO FILHO, O. Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica. *Conferência Brasileira Sobre Estabilidade de Encostas*. v. 2. Rio de Janeiro, 1992, p. 721-733.

AUGUSTO FILHO, O.; VIRGILI, J.C. Estabilidade de taludes. In OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. *Geologia de Engenharia*. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998. Capítulo 15, p. 243-269.

BITTENCOURT, J. Deslizamento de terra interdita Rodovias dos Tamoios e Rio-Santos, em Caraguá. *Tamoio News: Notícias do Litoral Norte de São Paulo*. 16 mar. 2017. Disponível em: <http://www.tamoiosnews.com.br/estradas/deslizamento-de-terra-interdita-rodovias-dos-tamoios-e-rio-santos-em-caragua/>. Acesso: 18 mar. 2017.

CAPUTO, H. P. *Mecânica dos solos e suas aplicações*. 6ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1987. v. 2. 512p.

CERRI, L. E. S. *et al.* Mapeamento de risco em assentamentos precários no município de São Paulo (SP). *Geociências*, v. 26, n. 2, 2007, p. 143-150. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/106837>>. Acesso: 14 mai. 2016.

CONCESSIONÁRIA TAMOIOS. *A Rodovia*. São Paulo. Disponível em: <http://concessionariatamoios.com.br/a-rodovia>. Acesso: 05 mar. 2017a.

CONCESSIONÁRIA TAMOIOS. *Notícias: Concessionária atua em diversas frentes em caso de queda de barreiras*. Disponível em: <http://concessionariatamoios.com.br/noticias/show/311/concessionaria-atua-em-diversas-frentes-em-caso-de-queda-de-barreiras>. Acesso em 18 mar. 2017b.

CRUZ, O. *A Serra do Mar e o litoral na área de Caraguatatuba: contribuição à Geomorfologia Litorânea*. 1974. 181p. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo (USP). Instituto de Geografia, São Paulo, SP, 1974.

GERSCOVICH, D. M. S. *Estabilidade de Taludes*. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 166p.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4ª ed. São Paulo: Atlas. 2002. 175p.

GOMES, R. A. T. *Modelagem de previsão de massa a partir da combinação de modelos de escorregamentos e corridas de massa*. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, RJ, 2006. 101p.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. *Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação*. 3ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1984. 216p.

HIGHLAND, L. M.; BOBROWSKY, P. O. *Manual de Deslizamento – um guia para a compreensão de deslizamentos*. Virgínia (EUA): United States Geological Survey (USGS), 2008. 176p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Brasília. Cidade: Caraguatatuba. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/v3/cidades/municipio/3510500>. Acesso em: 05 mar. 2017.

LISTO, F. L. R. *Propriedades Geotécnicas dos Solos e Modelagem Matemática de Previsão a Escorregamentos Translacionais Rasos*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo (USP). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo, SP, 2015. 187p.

MONTOYA, C. A. H. *Incertezas, Vulnerabilidade e Avaliação de Risco Devido a Deslizamentos em Estradas*. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília (UnB). Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, DF, 2013. 273p.

REIS, J. Agora, mortos e lama. *Folha de S. Paulo*, São Paulo, 21 mar. 1967. 1º caderno. p. 6.

SECRETARIA DE LOGÍSTICA E TRANSPORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Estatística de Tráfego – Volume Diário Médio – SP-099*. Disponível em: http://200.144.30.103/vdm/SFCG_VdmRodComerciais.asp?CodRodovia=SP%20099A cesso em 18 mar. 2017.

SOMAR METEOROLOGIA. *Base de dados climatológicos*. Disponível em: http://somarmeteorologia.com.br/security/defesa_civil/mapas.php?cid=Caraguatatuba-SP. Acesso em 01 abr. 2017.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 196p.

VIEIRA, B. C. *Previsão de escorregamentos translacionais rasos na Serra do Mar (SP) a partir de modelos matemáticos em bases físicas*. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências. Rio de Janeiro, 2007. 213p.

EVALUATION OF MITIGATION ACTIONS OF MASS MOVEMENTS ON TAMOIOS HIGHWAY (KM 68 TO KM 81) – CARAGUATATUBA/SP

ABSTRACT

Mass movements frequently occur in Brazil causing many human and material losses, mainly, related to rainfall and disorderly human actions. Therefore, studies in constructive interventions are important as mitigating actions avoiding the movement of soil and/or rock and greatly reducing the probability of catastrophic events, moreover, since the emergence of soil mechanics studies, trying to understand the instability of slopes. In addition, the knowledge about occurrence of landslides is still little making clear the need for more studies on the subject. As the object of study, the region of Caraguatatuba was chosen specifically between km 68 and km 81, the mountain stretch of Tamoios Highway (SP-099). The city located in Serra do Mar has in its history several mass movements justifying the need to implement mitigating actions.

Key words: *Mitigation Actions. Mass Movements. Soil. Caraguatatuba.*

Envio: julho/2017

Aceito para publicação: setembro/2017