

ESTUDO DE CASO: MOVIMENTO DE MASSA NA RODOVIA SC-401 EM FLORIANÓPOLIS NO ANO DE 2008

Case analysis: Mass movement on highway SC-401 in Florianópolis in 2008

Gislaine de Aguiar Domingos

Bacharel em Fisioterapia pela Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL). Soldado do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC).

E-mail: gislaine@cbm.sc.gov.br

Tiago José Domingos

Mestre em Ecologia e Conservação da Biodiversidade pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). 1º Tenente do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC).

E-mail: tjdomingos@cbm.sc.gov.br

RESUMO

Os movimentos de massa são os principais processos de alterações do relevo, causados muitas vezes pelo processo de urbanização em virtude do crescimento populacional desenfreado. Este tipo de impacto tem influência direta nas áreas mais propícias a inundações e enchentes, na maioria das vezes, provocam consideráveis prejuízos socioeconômicos e até vítimas fatais. De acordo com a velocidade e composição do material deslocado, recebe diferentes conceitos, são desencadeados por uma série de fatores naturais, porém, podem ser potencializados pela ação humana. O artigo tem por objeto a análise em campo por meio de registros feitos em 2008 e registros atuais, as consequências de um movimento de massa na SC-401, em Florianópolis. A metodologia aplicada foi qualitativa, pesquisa de campo e entrevista. Os resultados obtidos mostram que, ações preventivas associadas ao monitoramento e fiscalização tornam-se grandes aliados para que eventos como este em estudo tenham menores danos humanos, ambientais e econômicos.

Palavras-chave: Movimento de massa; Eventos naturais; Prevenção; Santa Catarina.

ABSTRACT

Mass movements are the main processes of changes in relief, often caused by the urbanization process due to unrestrained population growth. This type of impact has a direct influence on the areas most prone to flooding. The majority of the time, they cause considerable socioeconomic damage and even fatalities. According to the speed and composition of the displaced material, it can be given different definitions which are triggered by a series of natural factors. These can however be enhanced by human action. The article uses field research, through current records and those made in 2008, to analyze the consequences of a mass movement at the SC-401, in Florianópolis. The applied methodology was bibliographic research, based on a bibliographic survey, legislation, institutions, and work by authors of significance in the approached subject. The results obtained show that preventive actions associated with monitoring and inspection become great allies, so that events such as the one presently being studied have less human, environmental, and economic damages.

Keywords: Mass movement; Natural events; Prevention; Santa Catarina.

1 INTRODUÇÃO

As ocorrências por movimento de massa têm crescido ano a ano no Brasil e no mundo, causando riscos de morte e grandes prejuízos à população. As áreas urbanas estão sendo ocupadas desordenadamente em locais de riscos e conseqüentemente, causando situações de moradias irregulares, entulhos e lixo acumulados e até doenças.

O crescimento dos registros de desastres e das áreas de risco traz grandes preocupações sobre suas causas e conseqüências. De acordo com relatório do ano de 2013, apresentado pelas Nações Unidas, mais de 22 milhões de pessoas foram deslocadas em decorrência de desastres naturais. Ainda de acordo com o relatório, o risco de deslocamento devido a desastres mais do que dobrou nos últimos 40 anos, em grande parte devido ao crescimento e a concentração das populações urbanas, especialmente em áreas mais vulneráveis (BONO, 2013).

De acordo com Riffel, Guasselli e Bressani (2016), os movimentos de massa constituem, juntamente com as enchentes, um dos desastres que apresenta o maior grau de recorrência em todo o mundo, sendo ambos causadores de danos e prejuízos à sociedade, particularmente em cidades densamente povoadas em zonas de relevo acidentado.

Estimativas mostram que, a quantidade de movimentos de massa registrados no mundo supera as de outras ameaças naturais, como sismos, furacões e vulcões (CHEN; LEE, 2004).

O crescimento populacional desenfreado foi tomando conta nos últimos anos nas grandes cidades do país, e Florianópolis não é diferente. A falta de infraestrutura urbana, saneamento e esgoto, construções informais de baixa qualidade, lixo acumulado são causas que elevam as chances de que possam ocorrer movimentos de massa.

De acordo com a pesquisa realizada pelo CEPED (2006), em Florianópolis há nove pontos de áreas indicadas como risco muito alto de deslizamento, essas ficam localizadas nos Morros da Penitenciária, Nova Jerusalém, Horácio, Morro do 25, Mariquinha, Caieira e Tico Tico.

Existem mais de 120 mil pessoas residindo em áreas com suscetibilidade média e alta na capital catarinense segundo Juan, Casseb e Terraza (2015).

Quanto às rodovias, possuem fragilidade as que estão principalmente nas partes mais baixas, acíves passíveis de deslizamento, de modo que possam causar danos como aterramento local, riscos aos usuários e debilitando o fluxo intenso que Florianópolis apresenta.

Na ilha existem cerca de 7 km de autopista em zonas com suscetibilidade de deslizamentos alta e 11 km em zona de suscetibilidade média. No caso de rodovias de menor envergadura estes dados são respectivamente 8 e 15 km (JUAN, CASSEB E TERRAZA, 2015).

A SC-401 possui quatro trechos, o norte, que é mais conhecido, faz a ligação da região central ao norte da ilha, e tem como nome Rodovia José Carlos Daux. Tem-se um trecho de transição entre norte e sul contornando o Centro. O trecho da Via Expressa Sul como é mais conhecido, porém carrega o nome de Rodovia Governador Aderbal Ramos da Silva, fica em um aterro na Baía Sul e inclui o único túnel da cidade. Finalizando o trecho com a Rodovia João Nilson Zunino, que tem como função acesso ao sul da ilha. Devido à importância de tamanha cobertura que a SC-401 atende, quando imobilizada retrata um caos na capital catarinense, como se pôde observar no evento ocorrido em 2008, quando além de ser interditada, causou a perda de uma vida.

Existem muitas técnicas de mitigação que reduzem ou eliminam a probabilidade de ocorrer eventos e ainda diminuem os efeitos dos desastres quando estes ocorrerem.

A metodologia aplicada foi qualitativa, pesquisa de campo e entrevista. O trabalho tem como objetivo geral analisar em campo por meio de registros feitos em 2008 e registros atuais, as consequências de um movimento de massa na margem direita da SC-401 – Maciço Cacupé, no quilômetro 14, em direção ao norte da ilha, aproximadamente um quilômetro após o trevo do Cacupé, ocorrido no dia 23 de novembro de 2008. Como objetivos específicos, foram definidos: **a)** a análise por meio de registros fotográficos a área atingida, à época e apresentar relatório fotográfico atual; assim como **b)** a pesquisa por meio de entrevistas e relatos de profissionais do Corpo de Bombeiros, Defesa Civil, Secretaria de Infraestrutura e Mobilidade (SIE) antigo Departamento Estadual de Infraestrutura do Estado de Santa Catarina (Deinfra) e a empresa de serviços que atua na área de consultoria de engenharia – Sotepa, que atuaram na ocorrência, verificando o que aconteceu, o que foi realizado para melhorias, como está o local atualmente e a existência de projetos futuros.

2 MOVIMENTO DE MASSA

Os escorregamentos (*slides*) representam a classe mais importante dentre todas as formas de movimentos de massa – fenômeno relacionado com o processo natural de evolução das vertentes – comumente denominados de deslizamentos, desmoronamentos, quedas de barreiras e desbarrancamentos, os quais se referem, ao rápido movimento descendente de material inconsolidado ou intemperizado sobre um embasamento saturado de água, podendo inclusive, incluir as corridas de terra e de lama (*earthflow* e *mudflow*) e fluxo de detritos (*debrisflow*) (HERMANN, 2014).

Os movimentos de massa possuem diversos termos alternativos, dentre eles: deslizamentos, ruptura de talude, entre outros. Além dos termos, a definição de movimento de massa, entre os autores e profissionais, também

apresentam diferenças entre si. Isto ocorre devido à complexidade da natureza deste fenômeno (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008).

Talude é um termo genérico, condizente a toda superfície inclinada de um maciço de terra, rocha ou ambos. Pode ser natural, no caso das encostas e alguns taludes rodoviários, ou artificial, sendo este construído pelo homem a partir de materiais de diferentes granulometrias e origens, podendo ser inclusive de rejeitos industriais, urbanos ou de mineração (FIORI; CARMIGNANI, 2009).

Highland e Bobrowsky (2008, p. 7) definem deslizamento como sendo: “[...] um movimento de descida de rocha, solo ou ambos, em declive, que ocorre na ruptura de uma superfície na qual a maior parte do material move-se como uma massa coerente ou semicoerente [...]”.

Os escorregamentos, comumente conceituado como deslizamento, representam a classe mais importante dentre todas as formas de movimento de massa. Para Guidicini e Nieble (1984 apud PINTO; PASSOS e CANEPARO, 2012, p.10) escorregamentos caracterizam-se como movimentos rápidos de curta duração, com plano de ruptura bem definido, permitindo a distinção entre material deslizado e o que não sofreu movimento.

Conforme afirmam Fernandes *et al.* (2001), o entendimento sobre o fenômeno dos movimentos de massa é condição fundamental, dado que sem conhecer a forma, extensão e causa dos deslizamentos é impossível chegar às medidas preventivas ou corretivas efetivas.

2.1 TIPOS DE MOVIMENTOS DE MASSA

Os movimentos de massa podem ser classificados de acordo com o tipo de movimento e o tipo de material. O material pode ser: rocha ou solo, sendo o segundo, subdividido em diversas granulometrias (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008).

Especificar o tipo de movimento de massa proporciona saber a velocidade potencial do movimento, o provável volume de deslocamento, a distância de deslocamento, como os possíveis efeitos do deslizamento. Assim é preponderante o entendimento da ocorrência dos movimentos de massa, pois conhecer a forma, a extensão e as causas de cada movimento, proporcionará medidas preventivas que impliquem na maior segurança da população afetada, dos gestores e das equipes de buscas.

Conforme Silva (2017) em relação ao tipo de movimento, que tem relação com a mecânica do deslocamento, Augusto Filho (1992, apud RECKZIEGEL, 2012) determina que possam ser classificados em: rastejos, escorregamentos, quedas e corridas.

2.1.1 Rastejos

Os rastejos são movimentos lentos de grandes massas de materiais. Ao longo do tempo, trata-se de uma resultante mínima, na ordem de milímetros ou centímetros ao ano. Geralmente, ocorrem em horizontes superficiais do solo. Não apresentam superfície de ruptura definida, e têm como evidências trincas ao longo do terreno e inclinação de árvores, postes e cercas ([BRASIL, 2004]).

Esse processo pode causar danos econômicos devido à interferência em obras civis, como por exemplo: afastando tubulações, interferindo em fundações, linhas de transmissão, pontes, e outros (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008).

2.1.2 Escorregamentos

Os escorregamentos, também denominados *landslides*, são caracterizados por movimentos rápidos, de curta duração e com plano de ruptura bem definido. Desta forma, é possível distinguir claramente o material deslizado e o não movimentado (FERNANDES; AMARAL, 2000).

São os movimentos de massa mais frequentes no Brasil. Sua causa natural está relacionada à infiltração da água, ao passo que as influências antrópicas contemplam a execução de taludes de modo inadequado, lançamento de entulho e lixo em encostas, remoção de cobertura vegetal, dentre outras (PIMENTEL; SANTOS, 2018).

São movimentos na ordem de metros por hora a metros por segundo. Podem ser divididos em escorregamento rotacional ou escorregamento translacional, de acordo com a superfície da ruptura (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008).

2.1.3 Quedas

As quedas, por sua vez, são movimentos rápidos de blocos ou fragmentos de rochas que caem (pela ação da gravidade) sem a presença de uma superfície de deslizamento (FERNANDES; AMARAL, 2000).

São movimentos da ordem de metros por segundo e têm como causa básica as descontinuidades do maciço rochoso que possibilitam o isolamento de blocos únicos de rocha ([BRASIL, 2004]).

2.1.4 Corridas (fluxos)

As corridas, também chamadas de fluxo de detritos ou escoamentos, são movimentos rápidos. Neste tipo de movimento, os materiais agem como fluidos altamente viscosos (FERNANDES; AMARAL, 2000).

Trata-se de um fenômeno mais raro que os escorregamentos, que, todavia, pode trazer consequências de magnitudes bem maiores, devido ao seu poder destrutivo e extenso alcance, mesmo em áreas planas ([BRASIL, 2004]).

2.2 MOVIMENTOS DE MASSA NO BRASIL

Recentemente, o mundo tem presenciado um aumento no número e magnitude do impacto de desastres devido, tanto às mudanças climáticas associadas às ações realizadas pelo homem quanto ao aumento das áreas habitadas.

No Brasil, em especial, o crescimento populacional aliado à falta de planejamento urbano e construções em áreas irregulares, acabam produzindo um agravamento na ocorrência de eventos deste tipo, devido principalmente ao fato da população ocupar áreas mais suscetíveis a alagamentos e movimentos de massa. Além disso, a falta de políticas públicas, planejamento urbano e fiscalização aumentam a incidência de eventos extremos, o que gera a vulnerabilidade dos municípios expondo-os à população aos riscos, principalmente os mais pobres (SANTOS JUNIOR; OROZIMBO; MARTINS, 2016).

Os desastres que ocorrem no Brasil são, na sua maioria, de origem atmosférica. Em consequência da adequação que o homem faz às suas necessidades, o ambiente, muitas vezes, não comporta todas essas modificações espaciais, acarretando diversos impactos ambientais (TEIXEIRA; SATYAMURTY, 2007).

Segundo a Instrução Normativa nº 01, de 24 de agosto de 2012 do Ministério das Cidades, desastre é o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um cenário vulnerável, causando grave perturbação ao funcionamento de uma comunidade ou sociedade, envolvendo extensivas perdas e danos humanos, materiais, econômicos ou ambientais, que excedem a sua capacidade de lidar com o problema usando meios próprios (BRASIL, 2012).

2.3 MOVIMENTOS DE MASSA EM SANTA CATARINA

O estado de Santa Catarina tem sido cenário de constantes desastres naturais nas últimas décadas referentes às questões climáticas, devido a sua localização. Alguns desses fenômenos são considerados raros e até mesmo inexistentes em outros locais do Brasil, como por exemplo, os tornados.

De acordo com Juan, Casseb e Terraza (2015), em Santa Catarina a distribuição das chuvas é bastante homogênea ao longo do ano, com índices mais elevados para os meses de verão.

O estado de Santa Catarina, mais particularmente por suas características intrínsecas a uma geografia bastante peculiar, tem sido palco de uma variada gama de processos naturais, cujos resultados revelam-se em desastres naturais das mais variadas magnitudes (HERRMANN, 2014).

Por esse motivo, a atenção à ocorrência dos desastres deve ser robusta, exigindo assim um trabalho preventivo e de resposta ao local atingido.

2.4 MOVIMENTOS DE MASSA EM FLORIANÓPOLIS

Florianópolis é a capital do estado de Santa Catarina e a cidade mais importante da região metropolitana que leva seu nome. O município possui uma área territorial de aproximadamente 672 km², sendo constituído de duas unidades: a porção insular, onde residem aproximadamente 80% da população, e a continental. Sua população cresceu muito nas últimas décadas (ALMEIDA, 2017).

De acordo com informações colhidas no site do IBGE (2010), a cidade de Florianópolis apresenta uma população estimada para 2020 de 508.826 habitantes.

Assim como em muitas outras cidades do litoral brasileiro, a história da ocupação territorial de Florianópolis apresentou um itinerário que redundou em degradação ambiental, segregação e exclusão sócio espacial. A partir da década de 1970, cresceu a ocupação irregular das encostas dos morros da cidade com a disputa pelos melhores espaços da Ilha de Santa Catarina (MÜLLER, 2002).

Pelo fato de Florianópolis apresentar um clima subtropical úmido, com grandes índices pluviométricos em todo o ano, as encostas são naturalmente locais de risco, estando constantemente sujeitas aos movimentos de massa.

Conforme Juan, Casseb e Terraza (2015), para o município de Florianópolis, capital do Estado de Santa Catarina, os desastres naturais rotineiros se enquadram nas tipologias de inundações bruscas, movimento de massas, tornados e erosão marinha.

A região de Florianópolis, localizada no litoral catarinense, possui um clima do tipo subtropical úmido. As amplitudes térmicas anuais oscilam entre 8 °C e 10 °C, e a precipitação é bem distribuída ao longo do ano, com valores médios de 1.500 mm/ano. Apesar de as chuvas serem bem distribuídas entre as estações do ano, há maior concentração delas no verão (DIAS; HERMANN, 2002).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa de campo foi realizada no local do evento, na encosta da rodovia SC-401, no KM 14, bairro Cacupé, em Florianópolis, Santa Catarina, na SIE e na empresa Sotepa. A coleta de dados foi realizada por meio de registros fotográficos da época – cedidos pela empresa Sotepa e atuais – feitos pela autora. Também realizou-se entrevistas com pessoas envolvidas no atendimento ao movimento de massa na época. Participaram da pesquisa, servidores da SIE, Defesa Civil, bombeiros militares e empresa Sotepa.

Durante a realização deste trabalho, constatou-se dificuldade na obtenção de dados para o estudo, pelo evento ter ocorrido há mais de 10 anos, muitos dos profissionais atuantes no evento não estarem mais à disposição, e diante à pandemia mundial – Covid-19 (isolamento social) que encontrou-se no momento da pesquisa.

Os dados analisados foram os registros fotográficos do local do evento e as respostas das perguntas nas entrevistas.

O material utilizado para os registros fotográficos atuais foi um quadricóptero – Drone – da marca DJI, modelo Mavic Mini.

4 RESULTADOS

A Rodovia SC-401 é a principal ligação com o Norte da Ilha de Santa Catarina e a mais movimentada do estado de Santa Catarina, o fluxo diário na rodovia durante a temporada é de aproximadamente 60 mil veículos por dia, já que se trata de uma rodovia de rota turística de Florianópolis que conduz às praias do norte da Ilha, principalmente o balneário dos Ingleses e Santinho, Canasvieiras, Jurerê, Jurerê Internacional e Daniela.

O deslocamento de terra resultou na interdição da rodovia e na morte de um motorista de caminhão que trafegava na rodovia SC-401 no momento do desastre.

Devido às intensas precipitações pluviométricas ocorridas nos dias 21, 22 e 23 de novembro de 2008, ocorreu uma grande movimentação de massa de solo no corte do km 14 da Rodovia SC-401.

Essa massa de solo, através de movimentações progressivas, desprende-se vindo a atingir as 4 (quatro) faixas de rolamento da rodovia, alcançando inclusive o talude de jusante localizado no lado esquerdo da via, no sentido Florianópolis-Canasvieiras.

O ano de 2008 foi devastador para o estado, somente em novembro foram 21 dias de chuva. De acordo com a Epagri (2018), naquele mês, os totais mensais de precipitação superaram os 600 milímetros, chegando próximo de 1000 milímetros em Blumenau e Luiz Alves. A média normal de chuva nestas regiões em novembro é de 150 milímetros. As chuvas acumuladas em novembro de 2008 no Litoral Norte e Vale do Itajaí estavam entre 350 e 400% acima do esperado, e aproximadamente 270% acima da

média na região da Grande Florianópolis. (DIAS; FREITAS; SCHWENGBER, 2018).

4.1 RELATÓRIO FOTOGRÁFICO

Por meio das imagens realizadas à época, pode-se observar na figura 1 o tamanho do dano que o evento causou e uma imagem atual (11/2020) lateral da área do escorregamento.

Figura 1- Material deslizado no escorregamento, detalhes na vegetação, bloco e solo e vista geral do local do escorregamento



Fontes: Ana Paula da Silva Machado Rosa/Empresa: Sotepa e autores.

A figura 2 mostra como foi realizado o processo de recuperação do local e abaixo observa-se a grelha atirantada fixada para a contenção do talude.

Figura 2- Detonação de rochas/blocos para a execução dos taludes e na imagem atual a grelha atirantada para contenção do talude



Fontes: Ana Paula da Silva Machado Rosa/Empresa: Sotepa e autores.

Enquanto a figura 3 apresenta uma vista dos taludes antes da implantação das leivas e vista aérea atual do local junto à Rodovia SC-401.

Figura 3 - Vista geral com taludes executados no aguardo da implantação de leivas e vista aérea do local e da Rodovia SC-401



Fontes: Ana Paula da Silva Machado Rosa/Empresa: Sotepa e autores.

As imagens apresentadas possibilitaram a visibilidade do local após os 12 anos da ocorrência, demonstrando que o local mesmo que, sem projetos futuros para o local continua sendo monitorado e recebendo manutenção. A probabilidade de novos movimentos de massa no local foi reduzida, contudo, não se pode afirmar que o local está seguro. Na última década não ocorreram novos eventos no local em estudo.

Diante da pesquisa realizada com técnicos e relatórios apresentados, verificou-se que foi realizada implantação da variante de Cacupé, incluída na estabilização de talude de corte no quilômetro 14, na margem direita da SC-401 – Maciço Cacupé, em direção ao norte da ilha, aproximadamente um

quilômetro após o trevo do Cacupé – Florianópolis, destruído pelo escorregamento do maciço nas chuvas fortes de novembro de 2008.

Procedeu-se a uma inspeção técnica - caracterização física – geológica – geotécnica, no local comprometido, em busca dos elementos, das condicionantes e das causas que esclarecesse a questão e o que levou à acomodação e à movimentação do talude. Foi observado visualmente o tipo de ruptura presente, sua possível evolução, o reflexo da ruptura no terreno natural, a presença de água na encosta envolvida, o comprometimento da estrutura de terra, a vegetação que recobre o talude, o terreno natural a montante do local afetado e as necessidades de correções imediatas.

Elaborou-se um estudo topográfico detalhado da área, com o levantamento de todos os elementos relevantes para a plena compreensão do problema e perfeito detalhamento da solução de engenharia.

De acordo com a engenheira Ana Paula, a instabilidade ocorrida no talude de corte foi do tipo Desprendimento de Terra – Queda de Material, na vertical, com quedas sucessivas e progressivas à montante do talude natural, intervindo condicionantes relativas à natureza do material, ali exposto e agentes perturbadores de natureza geológica – tipo de maciço de terra, com a presença de blocos de diâmetros variados alojados em superfície e no interior da massa de solo; de natureza hidrológica – saturação do meio e descidas d'água de montante e de natureza geotécnica – pré-dimensionamento do talude ligado aos parâmetros intervenientes.

As massas de terra, parciais, se destacaram do maciço como um todo, por gravidade, escorregando na vertente abaixo, acumulando-se onde veio a se estabelecer.

Atualmente o local encontra-se preservado, de acordo com o engenheiro civil da SIE – Adalberto de Souza – Especialista em Educação em Meio Ambiente, atual Diretor de Transportes, Obras e Fiscalização de Infraestrutura, atua há mais de 42 anos no Estado, desde o ocorrido no ano de 2008, após os trabalhos realizados a secretaria não realizou mais procedimentos, apenas mantém a área monitorada por meio de visitas mensais e roçada, sempre limpa.

4.2 RELATOS DOS PROFISSIONAIS

“Eventos naturais, especialmente fortes chuvas, são as principais causas dos deslizamentos de terra e isso está chamando atenção para maiores debates e discussão do tema, buscando-se soluções para os problemas que estamos enfrentando e que enfrentaremos nos próximos anos”, informa a engenheira civil da empresa Sotepa, Ana Paula da Silva Machado.

Um relatório técnico do Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina da Epagri apontou a atuação do homem, somada a diversos fatores naturais, como as causas do movimento de massa da encosta da rodovia SC-401, no KM 14, bairro Cacupé, em 22 de

novembro de 2008 em Florianópolis, Santa Catarina durante a forte chuva que atingiu a cidade. Ainda de acordo com o relatório, a atuação do homem somada a fatores naturais teriam provocado o movimento de massa.

De acordo com o pesquisador Lucas Balsini Garcindo, mestre em Geologia, o corte feito na base do morro para a construção da rodovia retirou boa parte do ponto de sustentação da encosta. Sem nenhuma obra de contenção, essa encosta ficou mais suscetível a desabamentos.

As chuvas intensas com o aumento do lençol freático, o declive e as características do solo e rocha somaram-se ao corte realizado pelo homem, resultando no movimento de massa. Segundo o pesquisador, o maior vilão não foi o movimento de massa em si, mas sim o fluxo de lama que veio em seguida.

A engenheira civil Ana Paula da Silva Machado, da empresa de engenharia Sotepa LTDA, conta que o escorregamento da encosta de Cacupé foi de grandes proporções, causando vítimas fatais e danos rodoviários (SOTEPA, 2011).

O projeto executivo de responsabilidade da Empresa Sotepa, execução a cargo da Construtora Espaço Aberto e a fiscalização a cargo do Deinfra/SC, permitiu a estabilização do maciço e a consequente solução do problema.

Ainda de acordo com a engenheira responsável pela obra, para a correção do movimento de massa da encosta, propôs-se a execução de seu retaludamento no segmento instabilizado, conferindo declividade compatível com as características do solo do local, eliminando a possibilidade de evolução do escorregamento. Os estudos e vistorias efetuados apontaram para um volume significativo de rocha na forma de blocos e matacões. Sua remoção foi executada com fogo controlado, de forma a minimizar seus efeitos sobre o tráfego, reduzindo ao máximo o tempo de interrupção, bem como evitar o lançamento de material sobre as edificações que existiam a partir de 150m do local do escorregamento.

De acordo com Ana Paula, concluído os trabalhos de terraplenagem, foi recuperado o pavimento no segmento correspondente ao leito original da Rodovia SC-401, eliminando a necessidade do desvio provisório, executado para permitir o livre tráfego durante os trabalhos de recuperação da encosta instável.

Foram coletadas 3 (três) amostras indeformadas no Maciço de Cacupé para execução do Ensaio de Cisalhamento Direto, este ensaio é mais aplicado ao estudo da resistência ao cisalhamento de solo com estratificações ou xistosidades definidas, ou quando se quer avaliar a resistência entre contatos de diferentes materiais.

Apesar dos resultados dos ensaios realizados pela UFSC com as amostras indeformadas coletadas no maciço indicarem valores altos para coesão e o ângulo de atrito, foi solicitado ao geólogo José Urroz Lopes que realizasse um estudo de regressão, buscando estimar os valores que devem ter sido mobilizados na época do escorregamento, tendo como conclusão uma

estabilidade teoricamente, comprometida. Para atender ao fator de segurança mínimo, considerando que haja uma repetição do fenômeno ocorrido, projetou-se uma contenção no talude superior através de grelha atirantada, cuja região ancorada dos tirantes garante a segurança.

A grelha atirantada foi executada em concreto $f_{ck} = 25\text{MPa}$ com dimensões de $50 \times 40\text{cm}$, tendo uma extensão de 67m , com tirantes perpendiculares à superfície do talude e altura variável de acordo com o projeto. Os furos a serem deixados para a colocação dos tirantes tiveram um espaçamento de $4,0\text{m}$ na horizontal e $3,00\text{m}$. Os tirantes foram de aço tipo DYWIDAG 85/105 ou equivalente com diâmetro de 32 mm . O comprimento livre de cada tirante foi de 10m na primeira linha, 12m na segunda linha, 14m na terceira linha, 16m na quarta linha e 16m na quinta linha, sendo o comprimento do trecho ancorado de 10m em todas as linhas. Nos espaços entre as linhas e colunas referentes à grelha foi fixada uma tela galvanizada (malha $10 \times 10\text{cm}$ e fio 6mm) que foi ancorada na grelha.

Por ser uma rodovia efetivamente importante, o Deinfra e a comunidade de Florianópolis não admitiram a hipótese de seu fechamento durante a execução das obras, exigindo que qualquer solução indicada para eliminar o risco iminente de novo deslizamento fosse implantada com a manutenção do tráfego na rodovia. Como foi apresentado no trabalho, apesar da peculiaridade da obra, a rodovia só foi fechada nos momentos das detonações de rocha. Por fim, é importante salientar, que todos os cuidados foram tomados para realizar um trabalho de qualidade, com segurança, entregando à sociedade uma obra que, além de resolver um problema sério de estabilidade de encosta, ainda gerou volume de material importantíssimo para a conclusão da duplicação da rodovia SC-401, em seus 7 km finais. Relata a engenheira Ana Paula.

Para o engenheiro civil Cléo Reis Quaresma, à época, fiscal do Deinfra, é de suma importância a preocupação quanto à manutenção do local, evitando assim novos eventos. Outro zelo que se deve ter é de que na concepção de novos projetos de estradas devem-se atentar às seções da plataforma estradal com dispositivos de drenagem, que são dimensionados para 25 anos , com objetivo de evitar que os cortes (caso haja) fiquem muito próximos do leito das rodovias, evitando assim, em caso de novo movimento de massa, impactarem no trânsito das rodovias.

Segundo o bombeiro militar 3º Sargento Renann, que estava de serviço do Centro de Ensino no dia do evento, ele e o Tenente-Coronel Losso receberam uma ligação de um conhecido informando do ocorrido, que passara no local na hora, o mesmo visualizou o motorista do caminhão tentando sair do caminhão. Deslocaram até o local e foram os primeiros a chegar. "Foi uma cena impactante e imaginávamos que havia mais vítimas soterradas". Relatou o bombeiro.

5 DISCUSSÃO

No Brasil, estudos de impactos ambientais são obrigatórios para a implantação de rodovias visando avaliar os impactos ambientais do projeto, bem como, programar o monitoramento destes após a finalização da obra (RODRIGUES; LISTO, 2016).

As medidas estruturais de riscos para mitigação, em geral, estão concernentes a projetos de engenharia para a execução de obras de contenção, drenagem, retenção hídrica e proteção superficial.

Segundo Highland e Bobrowsky (2008), muros de contenção podem trabalhar de forma muito parecida com as descritas para as técnicas de estabilização de taludes de terra para manter os fragmentos de rochas. Eles são semelhantes às cercas contra quedas de rochas, mas, na maioria dos casos, são mais robustos e fortes. Os muros de contenção podem ser feitos de aço, concreto, madeiras ou outros materiais e devem ser ancorados de maneira apropriada para não tombarem durante as quedas de rochas.

Na obra realizada na SC-401 foi executado um retaludamento no segmento instabilizado para a diminuição da possibilidade de evolução do escorregamento, que mesmo após mais de 10 (dez) anos mantém-se estável e sem novos eventos de movimentos de massa.

De acordo com Adalberto de Souza – um dos engenheiros responsáveis pelas obras na Serra do Rio do Rastro, localizada no município de Lauro Müller também em Santa Catarina, após diversos eventos de movimento de massa, foi realizado a técnica de contenção por meio de cortina de contenção de concreto projetado. Conforme a NBR026 de 2012, define como um concreto com dimensão máxima do agregado superior a 4,8 milímetro, transportado por meio de uma tubulação e projetado sob pressão, a elevada velocidade, sobre uma superfície, sendo simultaneamente compactado. Algumas vantagens são apresentadas por essa técnica, como a facilidade de adesão e ganho de resistência em período curto e por dispensar o uso de fôrmas para conter o selamento das superfícies (ABNT, 2012).

Recentemente foi utilizada contenção com muros de gabiões e sistema de Crib Walls após evento de movimento de massa na SC-108, rodovia estadual de Guaramirim que ocorreu em fevereiro de 2020, quando fortes chuvas causaram um movimento de massa que destruiu parte da pista. Trata-se de sistema de peças de concreto armado que são encaixadas entre si, formando uma espécie de gaiola ou caixa, onde o interior é preenchido com material terroso ou blocos de rocha, entulhos ou seixos de maiores dimensões.

Segundo Oliveira e Ghisi (2020), o sistema visa baratear as obras de contenção reduzindo o uso de materiais como aço e concreto que fazem o custo ser alto. Essas estruturas se adaptaram muito bem à execução de estradas pioneiras em regiões serranas por serem estruturas bem drenadas e pouco sensíveis a movimentações e recalques. Em obras definitivas, se faz

necessário o uso de um filtro entre o Crib Walls e o aterro, como por exemplo, as mantas geotêxteis.

6 CONCLUSÃO

Considerando o objetivo da análise por meio de registros fotográficos a área atingida, à época e apresentar relatório fotográfico atual, pode-se observar que, o local pós evento encontrava-se avariado, destruído e comparando às imagens atuais, o local está conservado, em ótima condição para o tráfego, onde segundo o Comando de Policiamento Militar Rodoviário da Polícia Militar de Santa Catarina, passam por dia cerca de 50 mil veículos atualmente, sendo a uma ligação importante entre o Centro e o norte da ilha da capital catarinense.

Com intuito de atender ao objetivo por meio de entrevistas e relatos de profissionais que atuaram na ocorrência, verificando o que aconteceu, o que foi realizado para melhorias, como está o local atualmente e a existência de projetos futuros, foram realizadas entrevistas com os profissionais onde ficou evidente a necessidade de investimentos significativos e um planejamento eficaz para reduzir a urbanização desordenada, visto que os problemas de inundações e enchentes viabilizam perdas, ambientais, sociais e econômicas, contudo, faz-se necessária atuação preventiva que assegure à população encontra-se nestas.

Diante disso, observou-se o monitoramento das áreas risco associado às ações de prevenção e de planejamento. Além disso, o controle da forma de construção e fiscalização em áreas com maior vulnerabilidade foram instrumentos indispensáveis para a redução de riscos no local.

Diante do estudo realizado, como sugestão apresenta-se além de mapeamentos e fiscalização das áreas de risco, a execução da técnica de cortina de contenção de concreto projetado que apresenta fácil adesão e ganho rápido de resistência e ainda dispensa o uso de fôrmas para conter o selamento das superfícies.

Por mais que desastres naturais sejam eventos que, em sua maioria, estão além do controle humano, a situação só tende a agravar-se com a presença do homem intervindo de forma desordenada no ambiente. Embora muitos estudos tenham voltado à atenção para eventos de movimentos de massa, ainda não se sabe sobre a previsão de ocorrência destes fenômenos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Igor Tadeu Lombardi; FERREIRA, Rafael. Ocupação Urbana e Degradação Ambiental: O caso do Maciço Morro da Cruz em Florianópolis-SC. **Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade**, Curitiba, v. 11, n. 6, p. 119-132, jan. 2017. Disponível em: <https://www.uninter.com/cadernosuninter/index.php/meioAmbiente/article/view/581/491>. Acesso em: 09 set. 2020.

ABNT. **NBR 14026**: Concreto Projetado – Especificações. 2 ed. São Paulo: ABNT, 2012. 8 p.

BONO, Andréa de. **Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2013: From shared risk to shared value**: The business case for disaster risk reduction. Genebra: Université de Genève, 2013. 15 p. Disponível em: <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:32532>. Acesso em: 07 set. 2020.

BRASIL. **Capacitação em Mapeamento e Gerenciamento de Risco**. [S.l.]: Ministério das Cidades, [2004]. 122 p. Disponível em http://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2004/01/mapeamento_grafica.pdf. Acesso em: 29 set. 2019.

BRASIL. **Instrução Normativa Nº 01, de 24 de Agosto de 2012**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 24 ago. 2012. n. 1. Disponível em: https://www.cnm.org.br/cms/images/stories/Links/09062014_Instrucao_normativa_de_01_de_agosto_de_2012.pdf. Acesso em: 20 abr. 2021.

CHIEN Yuan Chen; WEN Cheng Lee. Damages to school infrastructure and development to disaster prevention education strategy after Typhoon Morakot in Taiwan, *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, **Journals Emerald Publishing**, Taiwan, 9 nov 2012. n. 5, p.541- 555. Disponível em: http://www.ncyu.edu.tw/files/site_content/civil/%E5%8F%83%E8%80%83%E8%91%97%E4%BD%9C6.pdf. Acesso em: 04 out. 2019.

DIAS, Fernando Peres; HERRMANN, Maria Lúcia de Paula. Susceptibilidade a Deslizamentos: estudo de caso no bairro Saco Grande, Florianópolis, SC. **Caminhos de Geografia**, v. 3, n. 6, p. 57-73, jun. 2002.

DIAS, Gisele; FREITAS, Cinthia; SCHWENGBER, Isabela. **Após chuvas de 2008, Epagri consolida a melhor e maior rede estações meteorológicas do país**. Epagri, 2018. Disponível em: <https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/2018/11/22/apos-chuvas-de-2008->

epagri-consolida-a-melhor-e-maior-rede-estacoes-meteorologicas-do-pais/. Acesso em: 04 out. 2020

FERNANDES, Nelson Ferreira; AMARAL, Cláudio Palmeira do. Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (Org.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2000. 372 p.

FERNANDES, Nelson Ferreira et al. **Condicionantes geomorfológicos dos deslizamentos nas encostas**: avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 2, n. 1, 2001. Disponível em <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/8>. Acesso em: 04 out. 2019.

FIORI, Alberto Pio; CARMIGNANI, Luigi. **Fundamentos de Mecânica dos Solos e das Rochas: aplicações na estabilidade de taludes**. 2. ed. Curitiba: Ufpr, 2009. 432 p. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5258661/mod_resource/content/1/CARACTERIZA%C3%87%C3%83O%20E%20CLASSIFICA%C3%87%C3%83O.pdf. Acesso em: 12 dez. 2020.

HERRMANN, Maria Lúcia de Paula. **ATLAS DE DESASTRES NATURAIS DO ESTADO DE SANTA CATARINA: PERÍODO DE 1980 A 2010**. 2. ed. Florianópolis: Da Universidade Federal de Santa Catarina, 2014. 238 p. Disponível em: <http://www.labclima.ufsc.br/files/2010/04/Atlas-2010.pdf>. Acesso em: 04 out. 2019.

HIGHLAND, Lynn M.; BOBROWSKY, Peter. **The landslide handbook**: A guide to understanding landslides. Virginia: U.S. Geological Survey Circular 1325, 2008. 129 p.

IBGE (org.). **População de Florianópolis**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/florianopolis/panorama>. Acesso em: 12 out. 2020.

JUAN, Ellis; CASSEB, Márcia; TERRAZA, Horácio. **ESTUDO 2: VULNERABILIDADE E RISCOS NATURAIS**. Florianópolis: Idom, 2015. Disponível em: http://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/27_08_2015_9.29.14.c3710d2cf5fa7cfe35cdf4f44eabe825.pdf. Acesso em: 08 out. 2020.

MÜLLER, Gláucia Regina Ramos. **A influência do urbanismo sanitário na transformação do espaço urbano de Florianópolis**. 2002. 136f.

Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/30364588.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2020.

OLIVEIRA, Gabriel Rech de; GHISI, Gustavo de Oliveira. **Análise de estabilidade e dimensionamento de soluções para estabilização de um talude na Rodovia SC-390 em Orleans**. 2020. 67 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2020. Disponível em: <https://www.riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/10301/TCC-%20Gabriel%20Rech%20de%20Oliveira%20e%20Gustavo%20de%20Oliveira%20Ghisi.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 dez. 2020.

PIMENTEL, Jorge; SANTOS, Thiago Dutra dos (Coord.). **Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa – Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Desastres Naturais – Projeto GIDES**. Rio de Janeiro: CPRM/SGB – Serviço Geológico do Brasil, 2018. 218 p. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/gides/arquivos/category/22-manuais>. Acesso em: 07 out. 2019.

PINTO, Roberto Carlos; PASSOS, Everton; CANEPARO, Sony Cortese. Classificação dos movimentos de massa ocorridos em março de 2011 na Serra da Prata, estado do Paraná. **Geingá: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia**. Maringá, v. 4, n. 1, p. 1-25, jan. 2012. Disponível em: https://site.mppr.mp.br/arquivos/File/bacias_hidrograficas/3_Doutrina/Artigo_Ambiental_Serra_Prata_Floresta_Desmoronamento.pdf. Acesso em: 08 out. 2020.

RECKZIEGEL, Elisabete Weber. **Identificação e mapeamento das áreas com perigo de movimento de massa no município de Porto Alegre, RS**. 2012. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/38651>. Acesso em: 04 out. 2019.

RIFFEL, Eduardo Samuel; GUASSELLI, Laurindo Antônio; BRESSANI, Luiz Antonio. Desastres associados a movimentos de massa: uma revisão de literatura. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia, v. 36, n. 2, p. 285-306. jul. 2016. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/42796>. Acesso em: 04 out. 2019.

RODRIGUES, Flávio de Souza; LISTO, Fabrizio de Luiz Rosito. Mapeamento de áreas de risco a escorregamentos e inundações em áreas marginais a rodovias

na Região Metropolitana de São Paulo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.L.], v. 21, n. 4, p. 765-775, 11 ago. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522016152649>. Acesso em 19 dez. 2020.

SANTOS JUNIOR, Ary Ferreira dos; OROZIMBO, Yanne; MARTINS, Lucas. Aplicação de Drones na Logística Humanitária. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO & III INOVARSE - RESPONSABILIDADE SOCIAL APLICADA, 16., 2016, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro, Inovarse, 2016. Disponível em: https://www.inovarse.org/sites/default/files/T16_373.pdf. Acesso em: 07 out. 2020.

SILVA, Alexandre da. **Caracterização de Movimentos de Massa para Gestão De Risco – Estudo de Caso Bairro Pamplona, Rio do Sul-SC**. 2017. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental do Centro de Ciências Humanas e da Educação, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2017. Disponível em: <http://sistemabu.udesc.br/pergamumweb/vinculos/000041/00004127.pdf>. Acesso em: 04 out. 2019.

SOTEPA. **Estabilização do maciço que deslizou na SC-401 com as chuvas**. 2011. Disponível em: <https://sotepa.com.br/blog/?p=75>. Acesso em: 08 out. 2020.

TEIXEIRA, Mateus da Silva; SATYAMURTY, Prakki. **Dynamical and synoptic characteristics of heavy rainfall episodes in southern Brazil**. Monthly Weather Review, v. 135, p. 598-617, 2007. Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/journals/mwre/135/2/mwr3302.1.xml?tab_body=fulltext-display. Acesso em: 04 out. 2019.