



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

MOVIMENTOS DE MASSA EM ÁREAS DE RISCO: ESTUDO DE
CASO

GEOVANNA PIRES DE FIGUEIREDO

VARGINHA
2023

GEOVANNA PIRES DE FIGUEIREDO

MOVIMENTOS DE MASSA EM ÁREAS DE RISCO: ESTUDO DE
CASO

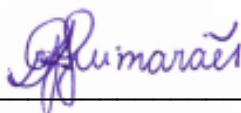
Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro Federal de Educação
Tecnológica de Minas Gerais como requisito
parcial para obtenção do título de Engenheira
Civil.

Data de aprovação: 30 de junho de 2023

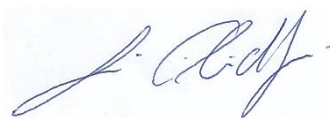
Banca examinadora:



Prof^a. Titular Denise de Carvalho Urashima, Dra.
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) -
Unidade Varginha



Prof^a. Mag Geisielly Alves Guimarães, Me.
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) - Unidade
Varginha



Prof. Titular Luiz Pinheiro da Guia, Dr.
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) -
Unidade Varginha

AGRADECIMENTOS

O caminho percorrido para chegar até aqui não foi fácil, foram muitos os obstáculos, tropeços e mãos amigas que surgiram durante toda essa trajetória. O olhar que acolhe, a mão que apoia e o carinho que nos dá força foram essenciais para vencer essa batalha. Agradeço de antemão minha mãe, meu alicerce, aquela que nunca me deixou cair. Também agradeço a professora Denise que acreditou no meu trabalho e aceitou me guiar nessa jornada. Minhas irmãs, família, amigos e todos aqueles que auxiliaram de alguma forma na minha evolução tanto profissional, quanto pessoal, o meu muito obrigada. Gratidão e fé, é isso que nos motiva e guia para a frente.

RESUMO

Movimentos de massa são eventos naturais e fazem parte da dinâmica do planeta, entretanto, quando há ocorrência em áreas ocupadas, podem acarretar consequências econômicas e sociais de magnitude catastróficas. Estes movimentos ocorrem, geralmente, em áreas de topografia acidentada, taludes naturais ou artificiais e são deflagrados por fatores naturais, tais como, a geomorfologia, aspectos hidrológicos e climáticos. A pluviosidade se destaca em grande parte do território brasileiro, devido a regiões com eventos de período prolongado ou intensos de chuva, que provocam a saturação do solo, aumento das forças solicitantes, bem como redução da resistência ao cisalhamento, consequentemente, o deslocamento de massa. Em muitas situações, o movimento de massa é ocasionado pela associação dos fatores naturais intrínsecos ao ambiente com a ação antrópica. Muitas das áreas de risco, devido à suscetibilidade a movimentos de massa, encontram-se em locais que apresentam falta de planejamento e/ou de infraestrutura urbana, que acarretaram a construção de moradias em áreas vulneráveis. Em consonância com as diretrizes e objetivos estabelecidos pela Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, bem como as preconizações da Agenda 2030, o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) elabora e disponibiliza a setorização de áreas de risco geológico, que consiste na identificação e caracterização de áreas urbanizadas sujeitas a perdas ou danos causados por eventos adversos de natureza, de forma a estabelecer ações voltadas a prevenção, mitigação, preparação, recuperação e resposta aos desastres naturais. A pesquisa proposta apresenta um estudo de caso das áreas de risco do município de Caxambu-MG, a partir dos dados fornecidos no mapeamento realizado pelo CPRM e a relação geo-histórica do atual problema no município. Por meio do estudo da região, foi possível definir a causa, acompanhar o desenvolvimento do problema, propor medidas mitigadoras que possam viabilizar a moradia e a conscientização da população dos seus direitos e deveres.

PALAVRAS-CHAVE: movimentos de massa; risco geológico; mapeamento; prevenção; mitigação.

ABSTRACT

Mass movements are natural events and are part of the dynamics of the planet; however, when they occur in occupied areas, they can lead to economic and social consequences of catastrophic magnitude. These movements generally occur in areas with uneven topography, natural or artificial slopes and are triggered by natural factors, such as geomorphology, hydrological and climatic aspects. Among them, rainfall stands out in a large part of the Brazilian territory, due to regions with prolonged periods or intense rainfall events, which cause soil saturation, an increase in requesting forces, as well as a reduction in shear resistance and, consequently, the mass displacement. In many situations, a mass movement is caused by associating of natural factors intrinsic to the environment with anthropic action. Many of the risk areas due to susceptibility to mass movements are found in places that lack planning and/or urban infrastructure, resulting in housing construction in vulnerable areas. In line with the guidelines and objectives established by the National Civil Defense and Protection Policy, as well as with the recommendations of the 2030 Agenda, the Geological Survey of Brazil (CPRM) prepares and makes available the division of areas of geological risk, which consists of identifying and characterization of urbanized areas subject to lose or damage caused by adverse events of nature, in order to establish actions aimed at prevention, mitigation, preparation, recovery and response to natural disasters. The proposed research presents a case study of risk areas in the municipality of Caxambu-MG, based on data provided in the mapping carried out by CPRM, as well as a geo-historical relationship of the current problem in the municipality. Through the study of the region, it was possible to define the cause, monitor the development of the problem, develop mitigating measures that can make housing in these risk areas viable and raise awareness of the population's rights, and duties.

KEYWORDS: mass movements; geological risk; mapping; prevention; mitigation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: A tragédia da região serrana do Rio de Janeiro em 2011.....	15
Figura 2: Os dezessete Objetivos de Desenvolvimento Sustentável para atingir a Agenda 2030.....	20
Figura 3: Escorregamento planar após período chuvoso, BR-354, Caxambu-MG....	26
Figura 4: Casa construída na encosta do talude, bairro Santa Tereza, Caxambu-MG.	30
Figura 5: Registro periódico da região do Beco 12 nos anos de 2021 e 2023.	43
Figura 6: Corte talude presente ao lado da casa situada na Rua Emerenciana Cândida de Jesus, nº 64, bairro Santa Tereza, Caxambu-MG.....	44
Figura 7: Entulho encontrado na crista do talude da casa situada na Rua Emerenciana Cândida de Jesus, nº 64, bairro Santa Tereza, Caxambu/MG.....	46

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Porcentagem da população residente em áreas de risco por região do Brasil.	14
Gráfico 2: Relação de precipitação versus disponibilidade de água no solo, entre 1961 a 1990 e 1981 a 2010 - Estação de Caxambu/MG.	39

LISTA DE MAPAS

Mapa 1: Localização do Município de Caxambu/MG e seus municípios limitantes...	37
Mapa 2: Massas de solo que compõem o município de Caxambu.	38
Mapa 3: Vulnerabilidade do solo do município de Caxambu/MG.	40
Mapa 4: Demarcação das áreas de risco no município de Caxambu, de acordo com a setorização de áreas em Alto e muito alto risco a movimentos de massa, enchentes e inundações (CPRM, 2021).	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Principais causas de movimentos de massa.....	24
Quadro 2: Agentes condicionantes dos movimentos de massa.	25
Quadro 3: Classificação das erosões hídricas.	28
Quadro 4: Principais fatores deflagradores dos deslizamentos.....	30
Quadro 5: Características naturais e indícios a serem observados durante a setorização de áreas de risco a movimentos de massa.....	33
Quadro 6: Evidências de movimentações e indícios a serem observados durante a setorização de áreas de risco a movimentos de massa.....	34
Quadro 7: Características potencializadores antrópicos e indícios a serem observados durante a setorização de áreas de risco a movimentos de massa.....	34
Quadro 8: Orientações gerais para classificação dos graus de risco a movimentos de massa, erosões, subsidências, solapamentos ou colapsos, movimentação de dunas, expansão e contração de argilas.....	35
Quadro 9: Continuação...Orientações gerais para classificação dos graus de risco a movimentos de massa, erosões, subsidências, solapamentos ou colapsos, movimentação de dunas, expansão e contração de argilas.....	36
Quadro 10: Síntese comparativa dos resultados da Setorização de Áreas de Risco Geológico no município de Caxambu/MG.	40
Quadro 11: Resumo dos resultados da Setorização de Áreas de Risco Geológico.	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quantificação da população em áreas de risco por região monitorada.....	14
Tabela 2: Lista de municípios brasileiros que aderiram à MCR 2030, atualizado em 3 de abril de 2023.....	23

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	12
1.2 JUSTIFICATIVA	16
1.2 OBJETIVOS	17
1.2.1 Objetivo Geral.....	17
1.2.1 Objetivos Específicos	17
1.3 DELIMITAÇÕES.....	18
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	19
2.1 CIDADES RESILIENTES	19
2.2 DESASTRES NATURAIS: MOVIMENTOS DE MASSA.....	23
2.2.1 Conceitos iniciais	23
2.2.2 Rastejos.....	25
2.2.3 Escorregamentos.....	25
2.2.4 Quedas	26
2.2.5 Corridas	27
2.2.6 Erosões Hídricas	28
2.3 FATORES CONDICIONANTES	28
2.3.1 Agentes Predisponentes.....	29
2.3.2 Agentes Efetivos.....	29
2.4 LEGISLAÇÕES PERTINENTES	31
2.4.1 Introdução.....	31
2.4.2 Setorização das áreas de risco.....	32
3 ESTUDO DE CASO	37
3.1 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO DE CASO	37
3.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS ENCONTRADOS NO MUNICÍPIO DE CAXAMBU/MG	39
3.3 MEDIDAS MITIGADORAS	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	47
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS	48
REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Em busca da exploração econômica dos recursos naturais, durante o período colonial no Brasil, fazia-se a marcha pelo povoamento (PRADO JÚNIOR, 1980), de forma que a população se expandiu nas proximidades centro-meridionais do Rio de Janeiro, capital do Brasil, na época, conseqüentemente, desencadeou a destruição de distintos ecossistemas nativos da região (MATOS, 2012).

No século XVIII, destacava-se o comércio de açúcar e tabaco. Na sequência, a extração do ouro e do diamante ganharam enfoque, que gerou a primeira crise geoambiental na região do Estado de Minas Gerais, nos séculos XVIII e XIX (PELOGGIA; ORTEGA, 2016). Depois o algodão, e em seguida a cultura do café, foram responsáveis pela segunda crise ambiental, no Sudeste brasileiro, a partir do século XIX e adentrando ao século XX. O grande potencial exploratório de Minas Gerais, fez com que o Estado fosse o segundo mais populoso em grande parte destes séculos (MATOS, 2012).

Outras regiões também foram povoadas pela presença de solos férteis, propícios para o desenvolvimento da agricultura e da pecuária; também a variedade de madeiras, devido ao bioma da Mata Atlântica; e a disponibilidade de água abundante, como foi o caso do município de Caxambu em Minas Gerais (MG), que tem a sua origem e desenvolvimento vinculado aos descobrimentos das águas minerais medicinais. Nesta perspectiva, vários povoamentos nasceram e alguns alcançaram o *status* de Vila (FONSECA, 2011).

O processo de urbanização intensificou-se nos anos 50, com a grande depressão de 1929, a conseqüente quebra da cafeicultura e a Revolução de 1930 (CANO, 2016), com a forte industrialização em São Paulo e cidades do seu entorno, que gerou uma macrocefalia urbana (MATOS, 2012). Com a necessidade de mão de obra, culminou o aceleração dos fluxos migratórios internos e altas taxas de êxodo rural, principalmente, na região entre Rio de Janeiro e São Paulo (BRANDÃO, 1978).

Veyret e Richemond (2007) afirmam que há uma relação geohistórica, onde as escolhas políticas ou econômicas realizadas no passado definiram as relações de uso e ocupação do solo. Desde o início de seus povoamentos, os municípios sofrem

com o crescimento desordenado, sem infraestrutura urbana, à mercê da gestão e planejamento urbano, o que contribuiu para a ocorrência de posteriores desastres ambientais (ROCHA, 2021).

De acordo com a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, na Resolução Nº 3 de 02/07/99 (BRASIL, 2012), o desastre é a consequência de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre o ecossistema, que gera tanto prejuízos sociais quanto econômicos. As frequentes catástrofes ocasionadas pelos deslizamentos são catalisadas a partir dos inúmeros cortes, aterros, depósitos inadequados de lixo, desmatamentos, modificações na drenagem, entre outras alterações realizadas no contexto do antropoceno, que culminam a novas relações com os fatores condicionantes naturais associados à geomorfologia e à geologia (FERNANDES, *et al.*, 2001).

O Ministério das Cidades – MCidades (BRASIL- IPT, 2007) aponta que os desastres ambientais têm como fatores principais:

- longo período de crise econômica e social;
- ineficiência histórica de políticas habitacionais para populações de baixa renda;
- ineficácia dos sistemas de controle do uso e ocupação do solo;
- inexistência de legislação adequada para as áreas suscetíveis aos riscos;
- inexistência de apoio técnico para as populações;
- cultura popular de “morar no plano”.

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2013), afirma que os países em desenvolvimento são os que mais sofrem com inundações, enxurradas e movimentos de massa. Logo, os eventos catastróficos estão intrinsecamente relacionados à disparidade social, econômica, cultural e demográfica. (CPRM, 2013).

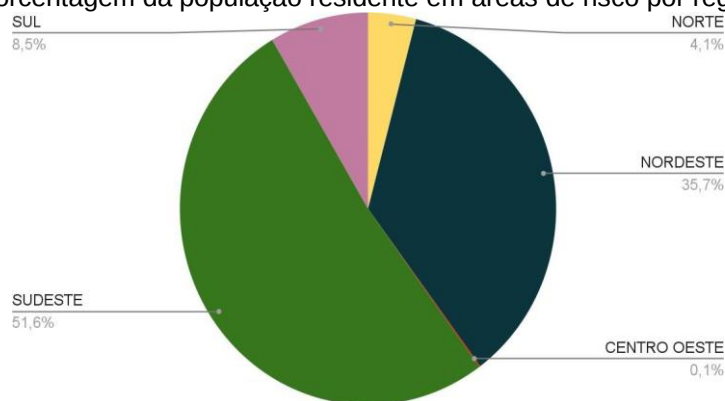
No Brasil, de acordo com dados do censo de 2010 do IBGE, cerca de 8.270.127 habitantes, das 872 cidades monitoradas, viviam em áreas de risco e o Sudeste é a região que apresenta o maior contingente populacional residindo nestas áreas (IBGE, 2018), conforme ilustrado no Tabela 1 e Gráfico 1.

Tabela 1: Quantificação da população em áreas de risco por região monitorada.

REGIÃO	POPULAÇÃO TOTAL DOS MUNICÍPIOS MONITORADOS	POPULAÇÃO EM RISCO NOS MUNICÍPIOS MONITORADOS
Norte	8.776.309	340.204
Nordeste	25.961.835	2.952.628
Centro Oeste	2.328.701	7.626
Sudeste	43.646.750	4.266.301
Sul	11.704.649	703.368
TOTAL	92.428.244	8.270.127

Fonte: IBGE (2018), adaptado.

Gráfico 1: Porcentagem da população residente em áreas de risco por região do Brasil.



Fonte: Da autora.

Dentre os fenômenos, o causador de maiores danos no Brasil e no mundo é o movimento de massa, que consiste no escorregamento, movimentação do solo, rocha e tudo que está sobre o terreno inclinado, por meio da ação direta da gravidade e de indutores, como a ação do homem, a geomorfologia, geologia, aspectos hidrológicos e climáticos, que são capazes de catalisar a ação deste fenômeno (RIFFEL; GUASSELLI; BRESSANI, 2016).

O movimento de massa tem como principal catalisador a saturação dos maciços terrosos, devido ao alto índice de precipitação, o escoamento rápido de rios após enchentes ou um aumento de água subterrânea pelo enchimento de represas ou ao aumento no nível de seus afluentes (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008).

De modo a minimizar os danos resultantes das constantes movimentações de massa, se faz necessária ações tanto de caráter estrutural, quanto de cunho preventivo (CPRM, 2013), de forma a possibilitar a convivência com os riscos, reduzir a magnitude dos processos e orientar a população afetada (LOLLO, 2018). Para isso,

é necessário realizar o diagnóstico do fenômeno de instabilidade, antes mesmo da escolha e detalhamento da solução (AUGUSTO FILHO E VIRGILI, 1998).

Para a identificação e classificação dos movimentos de solo é necessário determinar, principalmente, o tipo de movimento; a geometria da área e da massa mobilizada; a natureza do material que o envolve; velocidade de deformação que o movimento atinge; o ambiente geomorfológico, climático e hidrológico; e suas características físico-mecânicas (C40, 2016).

O despertar para a necessidade de mais políticas públicas voltadas à prevenção de desastres naturais foi o desastre natural ocorrido na região serrana do Rio de Janeiro (Figura 1), em janeiro de 2011, onde houve o oitavo maior deslizamento de massa do mundo nos últimos 100 anos, devido às chuvas intensas, que atingiram sete municípios da região, e que acarretou em mais de 900 mortes, cerca de 350 desaparecidos e milhares de desabrigados, além dos danos à infraestrutura, à economia e à geografia dos municípios afetados (BUSCH; AMORIM, 2011).

Figura 1: A tragédia da região serrana do Rio de Janeiro em 2011.



Fonte: Bush; Amorin (2011).

A Lei Nº 12.608, de 10 de abril de 2012, instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) que abrange um conjunto de ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação voltadas à proteção e defesa civil, de forma a atuar na redução dos impactos de desastres naturais em todo território brasileiro. Além de definir que é de responsabilidade de cada município desenvolver suas políticas de desenvolvimento urbano, cabe aos estados e a União dar apoio para a implementação destas políticas públicas. Os estados, também possuem o papel de desenvolver o Plano Estadual de Proteção e Defesa Civil, que possui como objetivo

principal identificar as bacias hidrográficas que apresentam risco de ocorrência de desastres e definir diretrizes de ação governamental de proteção e defesa civil no âmbito estadual (BRASIL, 2012).

Neste contexto, o governo federal criou, em 2012, o Plano Nacional de Gestão de Risco e Resposta a Desastres Naturais, no qual foi estabelecido o mapeamento das áreas de risco geológicos, realizados pela Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais (CPRM), em áreas de alto e/ou muito alto risco. Também foi criado o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) que realiza o monitoramento e o planejamento de alertas que envolvam a população nas ações de prevenção, mitigação e tratamento dos problemas junto ao Ministério das Cidades e órgãos de defesa civil (IBGE, 2018).

A Lei Federal nº 10.257 de 10 de junho de 2001, também referenciada como Estatuto da Cidade, já estabelecia e regulamentava os recursos necessários para que os municípios articulem e implementem produção habitacional, a provisão de infraestrutura, implantação de obras de segurança em encostas e de macrodrenagem, ou seja, permitem o cumprimento das políticas de desenvolvimento urbano (BRASIL, 2001).

Dentro do contexto apresentado, o presente trabalho tem por objetivo realizar uma pesquisa exploratória, por meio do estudo de caso, para avaliar a setorização de áreas em risco geológico e a analisar da variedade de condicionantes geológicas e geomorfológicas no município de Caxambu-MG, visto que esse apresenta histórico de deslizamentos e susceptibilidade a risco, inclusive mapeado pelo CPRM.

1.2 JUSTIFICATIVA

A sustentabilidade das cidades representa um grande desafio dos governantes, visto que o fenômeno da urbanização acelerada nos últimos cinquenta anos, teve como uma das consequências a ocupações em áreas de risco (SCHMIDT *et al.*, 2012). De forma que a necessidade de cidades e comunidades resilientes se tornou eminente, o que convergiu para os desafios de planejamento e gestão, em harmonia com o desenvolvimento sustentável, ou seja, da ocupação dos espaços dentro de âmbitos que abranjam aspectos econômicos, sociais e ambientais (PASTORELLI JUNIOR, 2018). Como consequência do aumento recorrentes de eventos catastróficos, que afetam distintas regiões brasileiras torna-se cada vez mais

necessária a implementação e a aplicação de políticas públicas, que visem o planejamento do uso do solo urbano.

Embora os Novos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos na Agenda 2030, pelas Nações Unidas, seja indissociável, ressalta-se que ODS de número onze, que trata de Cidade e Comunidades Sustentáveis, tem como uma de suas metas assegurar o direito de acesso a habitação segura, adequada e acessível, com os serviços básicos que é direito de toda a população (IPEA, 2018). Portanto, está dentro destes ODS atender a população exposta aos riscos da ocorrência dos desastres naturais e seus impactos, tanto sociais quanto ambientais, ou seja, assistir aqueles que se encontram em estado de vulnerabilidade humana (AREND, 2011).

Desta forma, é necessário estudar as ações que devem ser tomadas, além de ser de suma importância conscientizar a população sobre a construção em encostas e indicar as áreas de risco do município, de modo a minimizar os problemas presentes e o crescimento desordenado e, conseqüentemente, as tragédias que o mesmo causa (CPRM, 2021).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral da pesquisa consiste em analisar a setorização de áreas em risco geológico e avaliar a variedade de condicionantes geológicos, geomorfológicos num estudo de caso para o município de Caxambu-MG.

1.2.1 Objetivos Específicos

- Avaliar os impactos relacionados aos movimentos de massa;
- Identificar e delimitar a área de estudo de caso;
- Identificar os agentes condicionantes: atividades antrópicas, ocupação do solo e relevância das precipitações de uma série histórica nos movimentos de massas;
- Averiguar a eficácia do gerenciamento de risco no estudo de caso.

1.3 DELIMITAÇÕES

O estudo analisou as áreas de risco delimitadas pelo trabalho de Setorização das Áreas de Risco realizado pela CPRM, apenas no município de Caxambu situado no sul do estado de Minas Gerais, no sentido de inferir sobre a importância deste tipo de ação no território brasileiro.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CIDADES RESILIENTES

Resiliência pode ser definida como àquela que provoca o retorno ao estado de equilíbrio de forma eficiente, na qual o sistema resiste e absorve as tensões externas e distúrbios sem modificações significativas na sua estrutura (SILVA, *et. al.*, 2022). Para ONU/EIRD (2009), resiliência social consiste na forma que a comunidade lida com uma ameaça, resiste, se adapta e se recupera aos efeitos causados pela mesma, de forma a garantir que seja restaurado as estruturas e funções essenciais, que, em resumo pode-se tratar como o inverso da vulnerabilidade (RAMOS, 2015).

Aqueles que causam as tensões externas e distúrbios podem ser por exemplo, a dinâmica climática, que pode gerar eventos que exigem a ação imediata, e os estresses que são problemas crônicos do ambiente, associados a tensões desenvolvidas a longo prazo e que possuem impactos de cunho social, demográfico e econômico (WRI BRASIL, 2015). Neste contexto, para uma cidade ser denominada como uma cidade resiliente é necessário que esta esteja preparada tanto para ser atingida, quanto para se recuperar de eventos climáticos externos (ICLEI, 2016) e esta pode ser aferida pela forma em que uma cidade equilibra o ecossistema e as funções humanas simultaneamente (ALBERTI *et al.*, 2003, *apud* SUASSUNA, 2015).

(...) a resiliência provê um enquadramento abrangente para que os riscos sejam melhor enfrentados, e as oportunidades e custos associados à crescente ocorrência de desastres urbanos sejam melhor assimilados. Isso levando-se em conta, ainda, os impactos das mudanças climáticas, atuais e previstos, a proteção de serviços ecossistêmicos críticos e dos recursos naturais (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2015a, p. 1).

A necessidade de se mudar o paradigma da forma como o mundo vinha se desenvolvendo data de décadas uma das primeiras demonstrações desta preocupação se deu na Conferência de Estocolmo em 1972, organizada pela Organização das Nações Unidas (ONU), ou simplesmente Nações Unidas, que trata de uma organização intergovernamental criada para promover a cooperação internacional.

Após muitas reuniões e conferências em 2015 foi publicada a Agenda 2030, que possui dezessete novos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (Figura 2), cujo objetivo é adoção de medidas para a extinção da pobreza, proteger o meio ambiente e o clima, além de garantir a paz e a propriedade para todos, ou seja, promover a qualidade de vida, mas também a otimização de recursos para infraestrutura adequada, utilização e emprego correta utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), sustentabilidade e gestão de riscos e desastres (SILVA, 2022).

Figura 2: Os dezessete Objetivos de Desenvolvimento Sustentável para atingir a Agenda 2030.



Fonte: Nações Unidas (2022).

Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) são integrados e indivisíveis e resultaram de uma sucessão de negociações multilaterais e internacionais. Estabelecidos após ampla reflexão sobre os desafios do presente, de forma a considerar as necessidades das futuras gerações. Ressalta-se que a efetivação dos ODS preconizados na Agenda 2030 necessita de compromisso pelos Estados, nações, partidos, empresas, famílias, indivíduos (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2015). Na sequência são apresentados cada um dos dezessetes ODS:

1. Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares.
2. Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável.

3. Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades.
4. Assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos.
5. Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas.
6. Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos.
7. Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos.
8. Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todos.
9. Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação.
10. Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles.
11. Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.
12. Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.
13. Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos.
14. Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável.
15. Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade.
16. Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis.
17. Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.

(NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2012).

Para o compartilhamento de informações e o enfrentamento dos riscos globais são formadas as redes transnacionais (SILVA, *et. al.*, 2022). Tais como:

- ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade: rede que atua em mais de 130 países, com mais de 2.500 governos locais e regionais comprometidos com o desenvolvimento urbano sustentável, a partir de ações que incentivam o desenvolvimento de baixo carbono (ICLEI, 2023);
- GLOBAL COVENANT OF MAYORS FOR CLIMATE AND ENERGY (GCoM): Compartilham a visão de apoiar ações voluntárias para combater as mudanças climáticas, em prol dos objetivos do Acordo Climático de Paris. Consistem na maior aliança global para a liderança climática da cidade, compromissados com mais de 11.500 cidades e governos locais, estando em seis continentes e 142 países (GCoM, 2023).
- Projeto 100 cidades resilientes (100RC): criado pela Fundação Rockefeller, para ajudar 100 cidades a se transformarem e serem mais resilientes, de modo a prepará-las para os desafios socioeconômicos e de infraestrutura enfrentados durante o planejamento sustentável. No Brasil, fazem parte deste grupo as cidades de Salvador, Porto Alegre e Rio de Janeiro. (RESILIENT CITIES NETWORK, 2023).

A união destes projetos com a Federação Internacional das Sociedades da Cruz Vermelha e do Crescente Vermelho (IFRC); Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA); Cidades e Governos Locais Unidos (UCLG); Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos (UN-HABITAT); Escritório das Nações Unidas para Serviços de Projetos (UNOPS); o Grupo Banco Mundial; Conselho Mundial em Dados da Cidade (WCCD), criou-se a Iniciativa Construindo Cidades Resilientes (MCR2030) liderada pelo Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres para a de Riscos (UNDRR), em 28 de outubro de 2020 para atender as demandas socioambientais.

A Campanha Construindo Cidades Resilientes (MCR2030) auxilia as cidades integrantes no processo na redução de riscos e desenvolvimento de resiliência, de modo a atingir os objetivos estabelecidos na Agenda 2030, a partir de um roteiro para a resiliência urbana que vai da conscientização até o planejamento e a implementação

de ação de redução do risco de desastres. Assim, é possível ter uma melhor compreensão sobre redução de riscos e resiliência, e também, tornar o planejamento estratégico exequível, com ações que lhes permitam avançar (MCR2030, 2023). A Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC) que é parceira da UNDRR de modo a encontrar uma coordenação Interfederativa e o alinhamento da iniciativa com as políticas públicas federais (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2023).

O Brasil foi o país com maior número de municípios inscritos, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Lista de municípios brasileiros que aderiram à MCR 2030, atualizado 3/04/2023.

Total de Cidades Participantes no Mundo	Total de Cidades Participantes no Brasil	% da Participação Brasileira na Iniciativa
1.514	292	19,29

Fonte: Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (2023).

Ressalta-se que o município de Caxambu, objeto de estudo neste trabalho, não consta na Lista de municípios brasileiros que aderiram à MCR 2010-2020, atualizada em 2023 e disponibilizada pelo Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional.

2.2 DESASTRES NATURAIS: MOVIMENTOS DE MASSA.

2.2.1 Conceitos iniciais

Desastres naturais são fenômenos que ocorrem em áreas povoadas e suscetíveis em consequência de um evento adverso e que podem provocar vítimas fatais, prejuízos materiais e socioeconômicos. A partir do conhecimento dos fenômenos naturais é possível adotar medidas preventivas e mitigadoras para os desastres, de forma a reduzir o grau de vulnerabilidade do sistema afetado. (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2015).

O fenômeno geológico abordado neste trabalho é o movimento de massa, que consiste no deslizamento de solos, rochas ou material composto que se encontram em encostas, zonas de risco e que são condicionados pela ação de agentes geológicos e geomorfológicos. O escorregamento é provocado quando a resistência

ao cisalhamento do solo é reduzida, o que gera a perda do atrito entre as partículas e consequentemente, a instabilidade na região (GUIDICINI; NIEBLE, 1984).

De acordo com o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, dentre os fenômenos de movimento de massas, os escorregamentos têm sido o causador de maiores perdas (IPT, 2009). Desta forma, este tipo de desastre assume grande importância em função de sua interferência na evolução das encostas e devido as suas implicações socioeconômicas. Cruden e Varnes (1996) afirmam que para conceituar os movimentos de massa é necessário identificar as causas primárias e secundárias (Quadro 1), além dos agentes condicionantes (Quadro 2), a fim de tomar medidas preventivas adequadas.

Quadro 1: Principais causas de movimentos de massa.

CAUSAS PRIMÁRIAS	CAUSAS SECUNDÁRIAS
Chuvas contínuas e/ou intensas;	Sobrecarga;
Oscilações térmicas;	Solicitações dinâmicas (vulcões);
Erosão e intemperismo;	Pressões em descontinuidades do terreno, como entrada de água ou crescimento de vegetação em fraturas de rochas;
Vegetação (ação radicular e peso);	Diminuição nas propriedades de coesão e ângulo de atrito dos materiais presentes nas encostas;
Ações humanas (cortes, depósitos de materiais, estruturas construídas, aterros, tráfego, explosões e sismos induzidos);	Variações nas relações de tensões, estruturas e geometria dos materiais presentes nas encostas.
Oscilações naturais ou induzidas do nível d'água em subsuperfície;	
Desmatamento.	

Fonte: Vedovello e Macedo (2007).

No Brasil, a pluviosidade se destaca nos fatores catalisadores dos movimentos de massa induzidos, com atuação, principalmente, na estação de verão (IBGE, 2018). Estações climáticas chuvosas, provocam elevada concentração de água no solo em um curto intervalo de tempo, que consequentemente, gera uma progressiva redução da resistência ao cisalhamento e aumento das forças solicitantes (TATIZANA *et al.*, 1987).

Augusto Filho (1992) classificou os movimentos de massa de acordo com o tipo de solo brasileiro e seu comportamento quando em movimento, ou seja, diretamente relacionados à dinâmica das encostas brasileiras, abordados no Quadro 1.

Quadro 2: Agentes condicionantes dos movimentos de massa.

TIPO DE CONDICIONANTE	CARACTERÍSTICAS DOS CONDICIONANTES
Clima	Pluviosidade, temperatura e sazonalidade.
Substrato	Tipo de material (solo, rocha, depósitos e sedimentos), as propriedades físico-químicas dos materiais e estruturas geológicas internas (foliação, xistosidade, juntas, fraturas), relações geométricas entre perfis de alteração e horizonte de solos.
Relevo	Declividade, tipo de perfil da encosta e amplitude.
Águas superficiais e sub-superficiais	Escoamento, infiltração, nível d'água, diâmetro e geometria do fluxo de água em superfície.
Vegetação	Cobertura e proteção superficial, evapotranspiração, ação radicular e peso.
Uso e ocupação da terra	Tipos de ocupação urbana (densidade de ocupação), agricultura e obras de engenharia.

fonte: Vedovello e Macedo (2007).

2.2.2 Rastejos

Consiste em movimentos constantes, sazonais ou intermitentes, com velocidades muito baixas do solo superficial e de detritos rochosos, que decresce com relação a profundidade, em vários planos de deslocamento, a partir da ação da gravidade. O rastejo é consequência principal da variação climática e térmica, além do pisoteio de gado e o desenvolvimento de raízes (GONÇALVES, 2014).

2.2.3 Escorregamentos

Augusto Filho (1992) afirma que é o principal processo de movimento de massa que ocorre no sudeste do Brasil, provocado, principalmente, em períodos chuvosos, onde há alto índice de precipitação, e que ocorrem com volumes variados e em velocidade de alta para média. Apresenta poucos planos de deslocamento, no entanto, foi subdividido com base na geometria e nos materiais que o compõe:

- planares ou translacionais: apresentam uma morfologia rasa, com superfícies de ruptura plana. Ocorre em períodos de chuvas intensas,

em um curto intervalo de tempo, em planos de fraqueza da estrutura geológica das rochas e em superfícies planas de solos originados pela degradação de rochas;

- circulares ou rotacionais: constitui-se por solos com espessura homogênea e rochas muito fraturadas. Provocados principalmente pelo corte inadequado de encostas formadas por solo argiloso;
- em cunha: Ocorrem principalmente em taludes de corte ou em encostas que sofreram algum tipo de desconfinamento, natural ou antrópico, em solos e rochas com dois planos de fraqueza.

O escorregamento é gerado quando o terreno atinge o seu ponto crítico de ruptura, com isso, este tipo de movimento pode ocorrer em áreas que já estejam sofrendo com o rastejamento (GONÇALVES, 2014), conforme pode ser analisado na Figura 03.

Figura 3: Escorregamento planar após período chuvoso, BR-354, Caxambu-MG.



Fonte: Da autora.

2.2.4 Quedas

O movimento de quedas, também denominado como tombamento, basculamento ou desmoronamento, consiste em um dos mecanismos de formação de depósitos de tálus (GUIDICINI; NIEBLE, 1983).

Este movimento, segundo Augusto Filho (1992), origina-se em taludes ou penhascos muito íngremes, que sofrem com o processo de intemperismo, tais como:

- ação de congelamento e degelo em áreas fraturadas;
- alternância de temperatura térmica em áreas rochosas;
- ação erosiva;

- alívio de tensões tectônicas.

Com a ação da gravidade, é possível o deslocamento do maciço em queda livre ou em plano inclinado, que pode estar, também, associado a outros tipos de movimento de massa (LOLLO, 2008).

Varnes (1978) classifica os tipos de quedas de acordo com o tipo de solo em movimento:

- queda de blocos - para materiais rochosos;
- queda de detritos - solos com granulometria grosseira;
- queda de solos - solos de granulometria fina.

2.2.5 Corridas

As corridas de detritos são fenômenos raros de deslizamentos nas encostas que mobilizam grandes volumes de material, a partir dos movimentos gravitacionais e eventos pluviométricos excepcionais, que apresenta grande poder destrutivo em extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas (IPT, 2007). Estas corridas de detritos são provocadas pela ruptura simultânea de centenas de taludes íngremes (rupturas translacionais), desenvolvidas após longo período de chuvas intensas e contínuas, que acarretam o aumento da poropressão e consequentemente, o decréscimo da tensão efetiva e da resistência ao cisalhamento. Logo, há redução do fator de segurança das encostas (LEROUEIL, 2004; GRAMANI, 2001).

A camada de lama por sua maior mobilidade serve como condutor para o transporte de areia, fragmentos de pedregulho, blocos de rocha e árvores (GRAMANI, 2001), cujo fluído que pode alcançar longas distâncias, de acordo com a declividade do talude. Ao atingir uma declividade suave, o fluxo de lama com detritos se espalha, com bloqueio de sua continuidade e este acúmulo de resíduos pode ocasionar o início de uma nova corrida de detritos, o que caracteriza as corridas de detritos como ondas em pulsos (MASSAD *et al.*, 1997).

Com isso, pode-se dizer que as corridas são essencialmente hidrodinâmicas, com grande volume de material, principalmente, no estado líquido viscoso. Com uma velocidade média alta e um extenso raio de alcance, as corridas apresentam alto poder destrutivo.

As corridas de massa são denominadas de acordo com o tipo de material mobilizado, conforme citado por Augusto Filho e Virgili (1998):

- corridas de lama (*mud flow*) são aquelas que apresentam solo argiloso com alto teor de água;
- corridas de terra (*earth flow*), apresentam em sua predominância solo com teor de água inferior à categoria anterior;
- corrida de detritos (*debris flow*), constituem-se principalmente de material grosseiro, que é envolvido pelo solo e blocos de rocha com diversos tamanhos.

2.2.6 Erosões Hídricas

No Brasil, o único agente erosivo encontrado é a água, com isso, pode-se classificar os processos conforme apresentado no Quadro 3.

Quadro 3: Classificação das erosões hídricas.

PROCESSOS E FORMAS	CARACTERÍSTICAS
Erosão de margem fluvial	Provocada pelas águas dos rios e influenciada pela variação sazonal do volume e da energia do fluxo de água. Caracteriza-se pela remoção de material dos taludes marginais de canais fluviais, normalmente de forma localizada.
Terras caídas	Provocada pelas águas dos rios, caracteriza-se pela remoção de material dos taludes marginais de canais fluviais, afetando normalmente grandes áreas. O processo é influenciado pela variação sazonal do volume e da energia do fluxo de água e é típico da região amazônica.
Erosão laminar	Processo superficial, com a remoção das camadas mais rasas do solo, causada por escoamento superficial não concentrado (difuso).
Ravinas	Causada pelo fluxo superficial concentrado e caracterizada por incisão linear no solo. Não tem associação com o nível de base local ou lençol freático.
Voçorocas	Causada pelo fluxo superficial concentrado, caracteriza-se pela incisão linear no solo. Apresenta forma erosiva de difícil estabilização. Pode ocorrer erosão subsuperficial associada, alcançar grandes profundidades, pode ter associação com o nível de base local ou lençol freático e com o sistema de drenagem local.

Fonte: Lana (2021), adaptado.

2.3 FATORES CONDICIONANTES

Condicionantes são fatores que contribuem diretamente para a ocorrência dos movimentos de massa. Destaca-se a geologia, geomorfologia, aspectos climáticos e hidrológicos, vegetação e ações antrópicas de uso e ocupação do solo (AUGUSTO FILHO, 2001; TOMINAGA, 2007).

2.3.1 Agentes Predisponentes

Correspondem às condições naturais, geológicas, topográficas e ambientais da área que origina o escorregamento, sem influência da ação antrópica (NIEBLE; GUIDICINI, 1984).

2.3.2 Agentes Efetivos

São o conjunto de fatores que são responsáveis pelo desencadeamento do movimento de massa. Nieble e Guidicini (1984), subdivide estes fatores como:

- agentes efetivos preparatórios: pluviosidade, erosão pela água ou vento, oscilação de nível dos lagos e marés e do lençol freático, ação de animais e ação humana como desmatamento, entre outros.
- agentes efetivos imediatos: chuva intensa, erosão, terremotos, ondas, vento, interferência do homem, entre outros.

As características do solo e/ou rocha, grau de coesão, permeabilidade e plasticidade determinam o comportamento durante o processo de intemperismo e de escoamento superficial, ou seja, a suscetibilidade do terreno à erosão (PENTEADO, 1974,).

Guerra e Marçal (2006), afirmam que dentre os principais catalisadores dos deslizamentos está a água, que provoca a saturação do solo e a perda total do atrito entre partículas, e a inclinação da encosta que influencia na velocidade do movimento. No Brasil, devido ao seu clima tropical, torna-se recorrente deslizamentos catastróficos, durante os períodos de estações chuvosas.

A ação humana também é um fator que induz a incidência de escorregamentos, a partir da modificação da dinâmica natural do relevo, ou seja, por desmatamentos; atividades de mineração; cortes e aterros para implantação de moradias (Figura 4) e vias de acesso; lançamento de águas servidas e de lixo de forma inapropriada e em locais inadequados (IPT, 1991).

Figura 4: Casa construída na encosta do talude, bairro Santa Tereza, Caxambu-MG.



Fonte: Da autora.

Logo, pode-se empregar a classificação de Vernes (1978) para os principais fatores deflagradores de movimento de massa, conforme apresentado no Quadro 4.

Quadro 4: Principais fatores deflagradores dos deslizamentos.

AÇÃO	FATORES DEFLAGRADORES	FATORES GEOLÓGICOS E ANTRÓPICOS
Aumento da solicitação	Remoção de massa (lateral ou da base)	Erosão, escorregamentos, cortes.
	Sobrecarga	Peso da água da chuva, neve, granizo; depósitos naturais; peso da vegetação; construção de estruturas, aterros.
	Solicitações dinâmicas	Terremoto, ondas, sismos induzidos, tráfego e explosões.
	Pressões laterais	Águas em trincas, congelamento, material expansivo.
Redução da resistência	Características inerentes ao material	Características geomecânicas do material e suas tensões.
	Fatores variáveis	Processo de intemperismo e elevação do nível d'água.

Fonte: Vernes (1978), adaptado.

2.4 LEGISLAÇÕES PERTINENTES

2.4.1 Introdução

Com relação ao que diz respeito à questão do risco, a Lei no 12.608, de 10 de abril de 2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDC), confere aos estados e a União o dever de apoiar a implementação de políticas públicas que articulem a produção habitacional, a provisão de infraestrutura, a implantação de obras de segurança em encostas e de macrodrenagem. Quanto aos estados, compete também o desenvolvimento dos Planos Estaduais de Proteção e Defesa Civil, os quais devem, no mínimo, identificar as bacias hidrográficas com risco de ocorrência de desastres e determinar as diretrizes de ação governamental de proteção e defesa civil no âmbito estadual (BRASIL, 2012).

O art. 30, VIII, da Constituição Federal de 1988, compete ao Município o dever de:

(...) promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano” (BRASIL, 1988). Ou seja, é dever dos municípios adotarem providências, elaborar planos de contingência de proteção e defesa civil, além de elaborar plano de implantação de obras e serviços para a redução de riscos de desastre, promover reassentamento das famílias instaladas em áreas de risco ou de proteção ambiental, cabe ao município prover moradia temporária para estas (BRASIL, 1988).

É importante ressaltar que a prevenção e mitigação dos riscos de desastres são necessárias, contudo, é fundamental preparar-se para desastres e emergências, a partir de treinamentos e organização de recursos e estruturas para o eixo estratégico de manejo dos desastres e emergências, por meio da qualificação do pronto-atendimento de emergências e o atendimento de desastres. Além de fóruns de avaliação sistemática dos resultados e dificuldades (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2021).

O Código de Obras do município deve adotar medidas para redução das ocorrências dos deslizamentos de terra. Com essa finalidade, por exemplo, o Artigo 115, § 2º, do Código de Obras do Município de Caxambu-MG proíbe movimentações

de terra acima de cento e vinte metros cúbicos em período de chuva – que é compreendido entre 1º de novembro a 30 de março do ano seguinte. Além de proibir, a partir do Art. 631, a construção sem projeto de contenção e drenagem do solo, o terreno não deve ser úmido, pantanoso, instável ou contaminado por substâncias orgânicas ou tóxicas sem o saneamento prévio do solo e a execução de obras preliminares como drenagem e contenções (CAMARA MUNICIPAL DE CAXAMBU, 2020).

2.4.2 Setorização das áreas de risco

Risco é definido pela defesa civil como um determinado evento, que ocorrerá no futuro, com uma intensidade específica, de origem natural ou humana. Seus potenciais danos ou prejuízos ao homem podem ser estimados e quanto mais significativos os danos, maior o risco (DEFESA CIVIL–SC, 2008).

De forma a estabelecer ações voltadas à prevenção, mitigação, preparação, recuperação e resposta aos desastres provocados por eventos pluviométricos, como inundações e movimentos de massa, a Lei Nº 12.608, de 10 de abril de 2012, instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (BRASIL, 2012).

Neste contexto, a Lei Nº 12.608 atua na gestão de riscos de desastres e assegura as condições sociais, econômicas e ambientais necessárias para garantir a dignidade da população e a promoção do desenvolvimento sustentável, em eixos temáticos – mapeamento, prevenção, monitoramento e alerta, e resposta. O serviço geológico do Brasil (CPRM) atua no primeiro eixo: produção do conhecimento geológico-geotécnico em municípios com alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações, por meio da setorização das áreas de risco geológico (BRASIL, 2012).

A setorização das áreas de risco geológico consiste na divisão do terreno em áreas, que apresentam relação entre a probabilidade de ocorrência de um evento adverso de natureza geológica e a magnitude de suas consequências socioeconômicas (LANA, 2021).

Os procedimentos desenvolvidos durante a elaboração da setorização de áreas de risco geológico, consiste nas seguintes etapas (CPRM, 2021):

- compilação bibliográfica, fotointerpretação da área a ser estudada;
- contato com a Defesa Civil Municipal, de modo a incentivar a realização de uma campanha de campo;

- levantamento de campo nas áreas urbanizadas em conjunto com a Defesa Civil Municipal;
- avaliação das condições e indícios de risco geológico (Quadro 01) nas áreas pré-selecionadas pela equipe CPRM e naquelas indicadas pela Defesa Civil Municipal;
- delimitação e classificação das áreas de risco, conforme detalhado nos Quadros 5, 6 e 7. Ressalta-se que as áreas de risco médio ou baixo são indicadas no relatório como áreas de monitoramento;
- elaboração de mapas, relatório e arquivos vetoriais.

Quadro 5: Características naturais e indícios a serem observados durante a setorização de áreas de risco a movimentos de massa.

GRUPO	CARACTERÍSTICA OU INDÍCIO	INFLUÊNCIA
Características naturais	Amplitude e inclinação do talude ou encosta.	Quanto maiores, maior a propensão de deflagração de movimentos de massa.
	Espessura do rególito.	Solos delgados tendem a deflagrar deslizamentos planares enquanto solos espessos tendem a deflagrar deslizamentos circulares ou rotacionais.
	Presença de blocos de rocha no rególito	Presença de blocos de rocha no rególito
	Direção e mergulho das descontinuidades.	Quanto mais coincidentes com a direção e mergulho do talude ou encosta, maior a propensão de ocorrer movimentos de massa. Mergulhos verticalizados ou no sentido oposto ao mergulho da encosta ou talude podem contribuir para a deflagração de tombamentos.
	Umidade do rególito.	Quanto mais encharcado, maiores as chances de deflagração de movimentos de massa.
	Surgência de água.	Pode indicar saturação ou alta pressão de água no interior do maciço.

Fonte: Lana (2021), adaptado.

Quadro 6: Evidências de movimentações e indícios a serem observados durante a setorização de áreas de risco a movimentos de massa.

EVIDÊNCIAS DE MOVIMENTAÇÕES	Trincas e degraus de abatimento.	Em geral, indicam a movimentação do terreno, exceto quando presentes em edificações, pois podem derivar de problemas construtivos.
	Estruturas deformadas (postes, muros, cercas).	Podem indicar a movimentação do terreno.
	Cicatrizes de deslizamentos.	Indicam a ocorrência de movimentos de massa pretéritos e, portanto, a alta propensão do local a ser atingido por esse tipo de processo.

Fonte: Lana (2021), adaptado.

Quadro 7: Características potencializadores antrópicos e indícios a serem observados durante a setorização de áreas de risco a movimentos de massa.

CARACTERÍSTICAS E POTENCIALIZADORES ANTRÓPICOS	Padrão construtivo	Quanto mais frágil, maior a vulnerabilidade.
	Condições das vias	Quanto mais precárias, maior vulnerabilidade.
	Sistema pluvial de drenagem	Se ausente, aumenta a vulnerabilidade. Quanto mais eficiente, menos vulnerável.
	Presença de taludes de corte	Se feito de maneira inadequada, pode deflagrar ou potencializar os danos causados pelos movimentos de massa.
	Presença de aterro e lixo lançados na encosta	Materiais heterogêneos e com baixa coesão. Alta propensão a desenvolverem movimentos de massa.
	Distância da edificação em relação à base e crista do talude ou encosta	Quanto menor a distância, maior a chance de ser atingida por movimentos de massa.
	Lançamento de água servida e esgoto no terreno.	Favorecem a saturação e redução da coesão do solo, contribuindo para a deflagração de movimentos de massa.
	Vazamentos em tubulações.	
	Presença de fossa.	

Fonte: Lana (2021), adaptado.

O Quadro 8 sumariza as orientações para classificação dos graus de risco a movimentos de massa, erosões, subsidências, solapamentos ou colapsos, movimentação de dunas, expansão e contração de argilas.

Quadro 8: Orientações gerais para classificação dos graus de risco a movimentos de massa, erosões, subsidências, solapamentos ou colapsos, movimentação de dunas, expansão e contração de argilas.

GRAU DE PROBABILIDADE	DESCRIÇÃO
R1 BAIXO	1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno etc.) e o nível de intervenção no setor são de BAIXA OU NENHUMA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. Não se observa sinais/feições/evidências de instabilidade. NÃO HÁ INDÍCIOS de desenvolvimento de processos de instabilização de encostas e de margens de drenagens. 3. Mantidas as condições existentes NÃO SE ESPERA a ocorrência de eventos destrutivos no período compreendido por uma estação chuvosa normal.
R2 Médio	1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de MÉDIA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. Observa-se a presença de algum (s) sinal/feição/ evidência (s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipiente (s). Processo de instabilização EM ESTÁGIO INICIAL de desenvolvimento. 3. Mantidas as condições existentes, é REDUZIDA A POSSIBILIDADE de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.
R3 Alto	1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de ALTA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. Observa-se a presença de significativo (s) sinal/ feição/ evidência (s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, etc.). Processo de instabilização em PLENO DESENVOLVIMENTO, ainda sendo possível monitorar a evolução do processo. 4. Mantidas as condições existentes, é PERFEITAMENTE POSSÍVEL a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.

Quadro 9: Continuação...Orientações gerais para classificação dos graus de risco a movimentos de massa, erosões, subsidências, solapamentos ou colapsos, movimentação de dunas, expansão e contração de argilas.

GRAU DE PROBABILIDADE	DESCRIÇÃO
R4 Muito Alto	1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de muito ALTA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. Os sinais/feições/evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de deslizamento, feições erosivas, proximidade da moradia em relação a margem de córregos, etc.) são expressivas e estão presentes em grande número ou magnitude. Processo de instabilização em AVANÇADO ESTÁGIO de desenvolvimento. É a condição mais crítica, sendo impossível monitorar a evolução do processo, dado seu elevado estágio de desenvolvimento. 3. Mantidas as condições existentes, é MUITO PROVÁVEL a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.

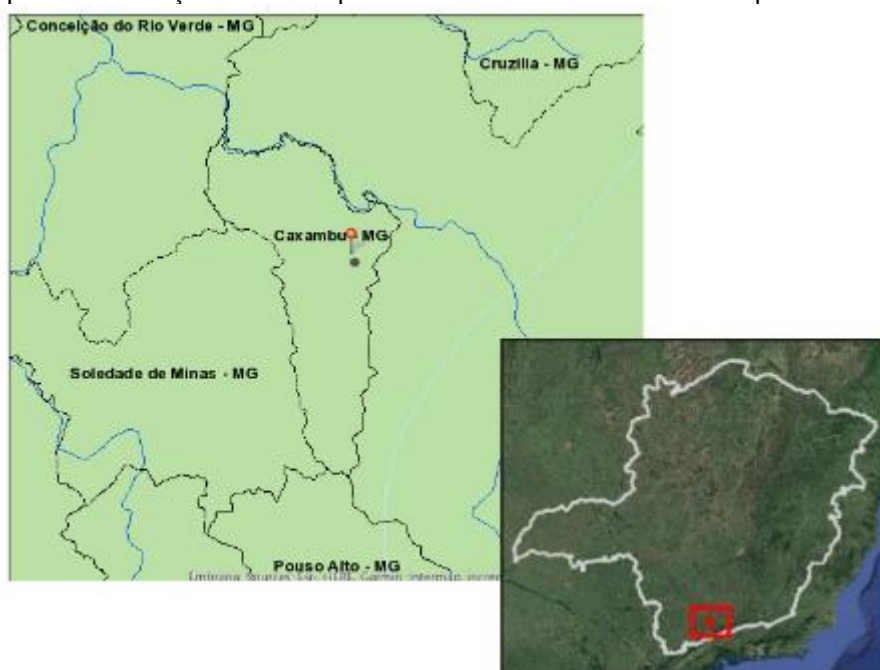
Fonte: CPRM, 2021.

3 ESTUDO DE CASO

3.1 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO DE CASO

O município de Caxambu (Mapa 1) está localizado no Sul do estado de Minas Gerais, na zona de influência da megalópole que vai do Rio de Janeiro à São Paulo. Com uma distância aproximadamente semelhante entre ambas as capitais (306 Km de São Paulo e 280 Km do Rio de Janeiro).

Mapa 1: Localização do Município de Caxambu/MG e seus municípios limitantes.

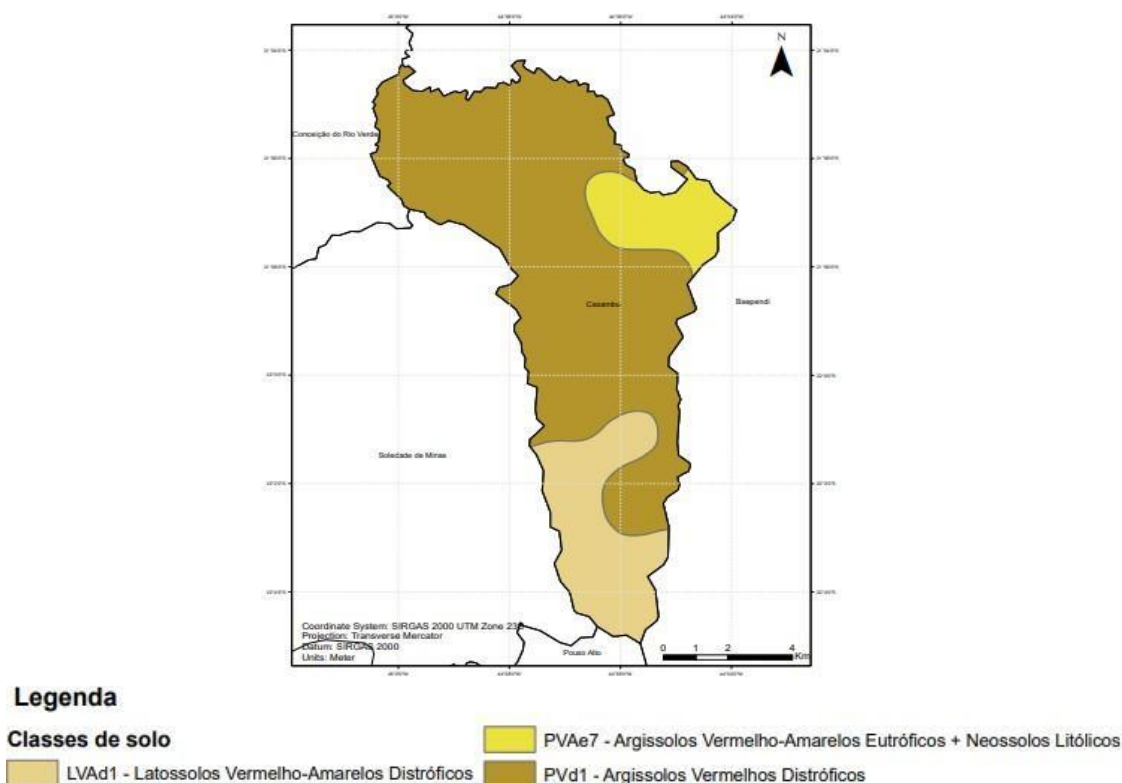


Fonte: Da autora.

Grande parcela de seu solo é formado por Argissolos Vermelhos Distróficos (Mapa 2), cuja saturação por base é menor que 50%. A região apresenta um solo com alto potencial de escoamento, taxa de infiltração muito baixa, quando completamente molhados e alto potencial de expansão, pelo fato do solo ser argiloso, que associado ao mal uso da terra, a susceptibilidade aos processos de escorregamentos aumenta na região (DOS SANTOS *et. al.*, 2018).

Gomes *et al.* (2016) afirma que a própria população intensifica os riscos de deslizamento, a partir de suas ações cotidianas e sua desinformação. Intervenções quando realizadas em locais geotecnicaamente inapropriados e/ou realizados de maneira inadequada, de forma precária, sem nenhum planejamento ou infraestrutura urbana.

Mapa 2: Massas de solo que compõem o município de Caxambu.

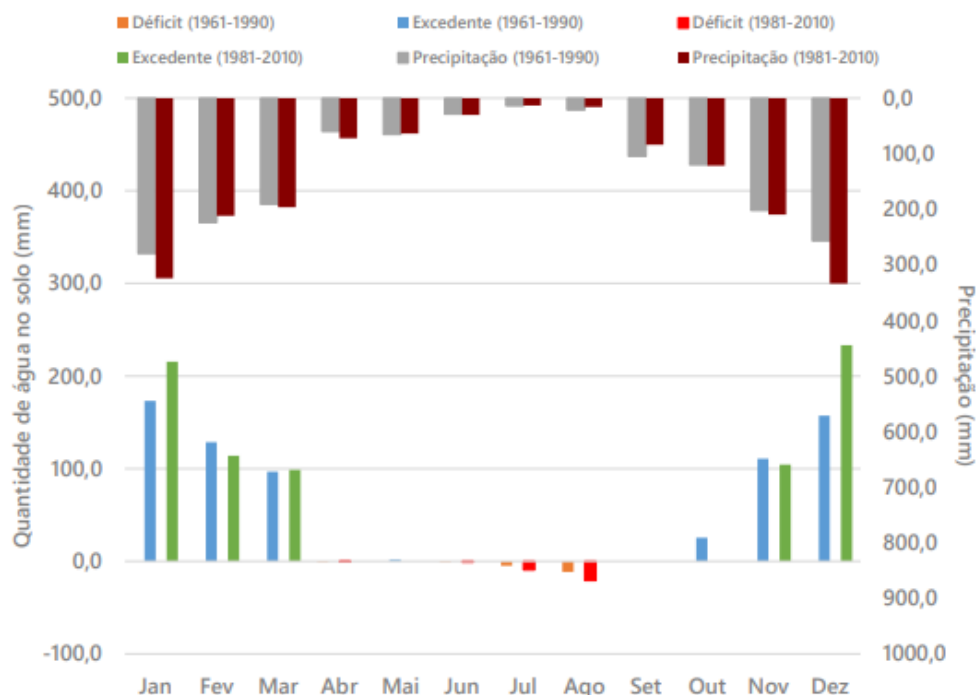


Fonte: Prefeitura Municipal de Caxambu (2022).

Além disso, admite-se que a partir da retirada da cobertura vegetal necessária à construção das habitações, junto a infraestrutura inadequada e altos índices pluviométricos da região aceleram o processo erosivo (ANDRETTA *et al.*, 2013), conforme pode ser analisado no Gráfico 2.

Problemas que já haviam sido diagnosticados desde o início de seu povoamento, por Monat (1894), que em seu livro, relata que a presença de solo aluvionar e turfoso já era visto como um problema na época, visto que construções tinham a autorização dos órgãos públicos, sem nenhuma orientação sobre como realizar aterramento e estaqueamento em um solo que não apresenta nenhuma resistência.

Gráfico 2: Relação de precipitação versus disponibilidade de água no solo, entre 1961 a 1990 e 1981 a 2010 - Estação de Caxambu/MG.



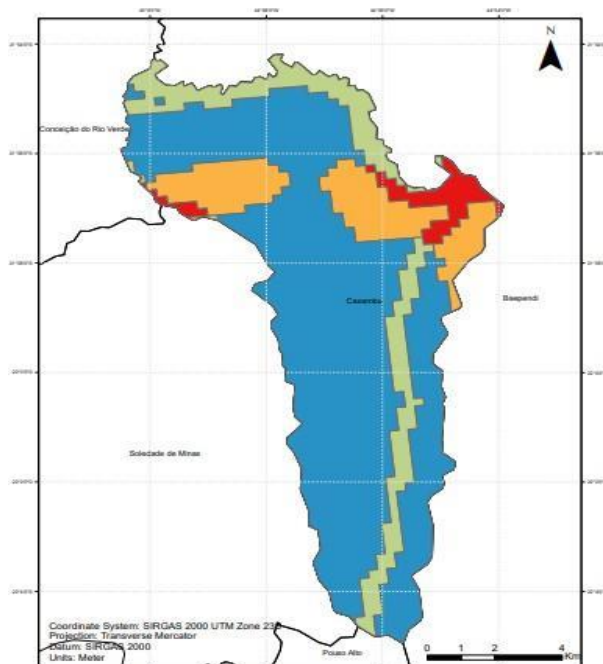
Fonte: UFSC, 2013.

3.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS ENCONTRADOS NO MUNICÍPIO DE CAXAMBU/MG

Para a determinação de quais medidas devem ser adotadas para a eliminação ou mitigação dos riscos geológicos, é necessário determinar a frequência, as características e a magnitude dos processos geológicos (LOLLO, 2008). Com base no mapa de vulnerabilidade do solo do município de Caxambu (Mapa 3), nota-se que grande parte do município apresenta solo de baixa vulnerabilidade, o que leva a questionar a causa do surgimento das áreas de risco no município.

A partir da setorização das áreas de risco geológico do município de Caxambu, foi definido que os principais deslizamentos que ocorrem na região são planares e quantificou-se as casas que possuem um quadro de vulnerabilidade alto a muito alto, conforme apresentado no Quadro 9.

Mapa 3: Vulnerabilidade do solo do município de Caxambu/MG.



Legenda

Vulnerabilidade do solo	
Muito Baixa	Média
Baixa	Alta

Fonte: Prefeitura Municipal de Caxambu (2022).

Quadro 10: Síntese comparativa dos resultados da Setorização de Áreas de Risco Geológico no município de Caxambu/MG.

GRAU DE RISCO	NÚMERO DE ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO MAPEADA	NÚMERO DE IMÓVEIS EM ÁREAS DE RISCO	NÚMERO DE PESSOAS EM ÁREAS DE RISCO
Alto	02	05	20
Muito alto	13	26	104

Fonte: CPRM, 2021.

Com a catalogação das áreas de risco, o grau de risco e a definição da origem do problema, é possível definir o tipo de deslizamento (Quadro 10).

Quadro 11: Resumo dos resultados da Setorização de Áreas de Risco Geológico.

Endereço	Grau	Tipologia do processo	Falta de drenagem	Próxima à crista do corte de uma encosta	Presença de lixo	Surgência de água
Rua 12 de Maio	Alto	Deslizamento planar	✓		✓	
Rua Gabriel Spinelli	Muito alto	Deslizamento planar	✓	✓	✓	
Rua Pedro Luiz da Rocha, 21	Muito alto	Deslizamento planar		✓		
Becos 12 e 13	Muito alto	Deslizamento planar	✓	✓	✓	
Rua José Correa Filho, 101, bairro Santa Tereza	Muito alto	Deslizamento planar	✓	✓		
Rua Evaristo de Sá Guedes em frente ao 426 e rua Aristides Junqueira Cott, 40	Muito alto	Deslizamento planar	✓	✓		
Rua T, número 19	Muito alto	Deslizamento planar	✓	✓		
Rua Adão Marcelino Davi	Muito alto	Deslizamento planar	✓	✓		
Rua Adão Marcelino Davi	Muito alto	Deslizamento planar	✓	✓		
Rua Eduardo de Almeida Lima	Muito alto	Deslizamento planar	✓	✓	✓	
Rodovia BR 267, 119	Muito alto	Rastejo	✓	✓		✓
BR 267, Número 30	Muito alto	Deslizamento planar e queda de blocos	✓	✓	✓	
BR 267 – Vital Brasil	Alto	Deslizamento planar	✓	✓		

Fonte: CPRM (2021), adaptado.

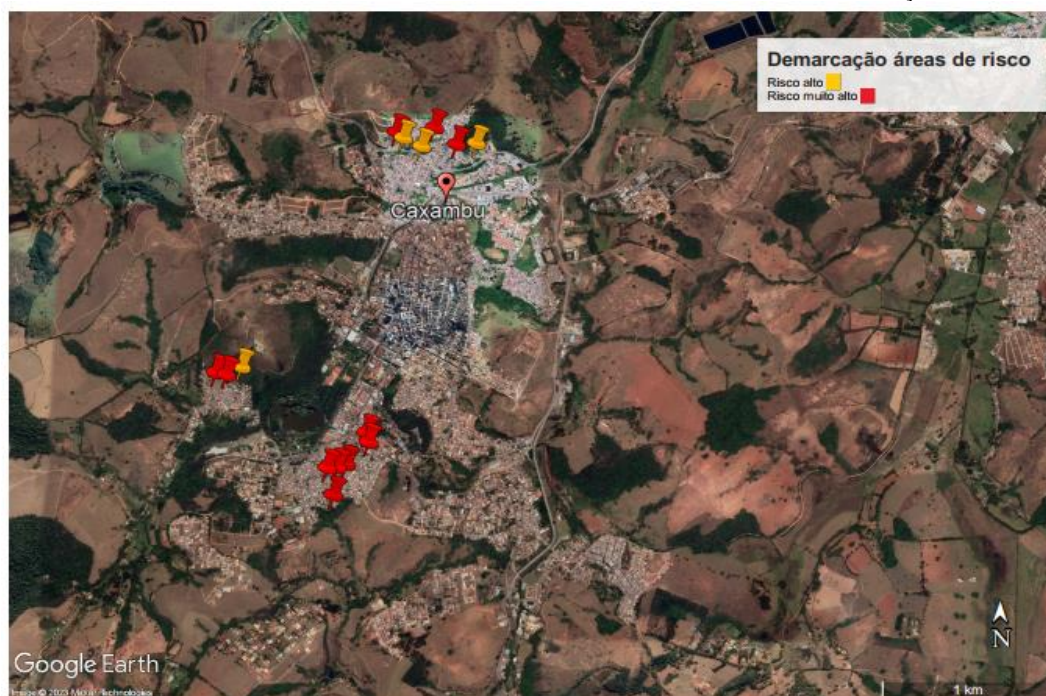
As principais causas com influência antrópicas encontradas pela CPRM em 2021, no município de Caxambu, são:

- ocupações desordenadas e em ambientes inapropriados;
- problemas de origem estrutural, pelo uso de materiais de baixa qualidade e forma de construção inadequadas;
- acúmulo de lixo em encostas;
- deficiência, precariedade ou inexistência de rede de drenagem pluvial nas ruas que cortam as encostas;
- danificação das tubulações de águas servidas;

- existência de muitas nascentes de água;
- uso inadequado do solo.

Com a análise dos locais que fazem parte da serialização das áreas de risco do município de Caxambu, a partir do seu mapeamento (Mapa 4), é nítida as regiões que concentram as áreas de risco. Juntamente com os fatores influenciadores, nota-se a carência de gestão e planejamentos voltados a essa parcela da população caxambuense.

Mapa 4: Demarcação das áreas de risco no município de Caxambu, de acordo com a setorização de áreas em Alto e muito alto risco a movimentos de massa, enchentes e inundações.



Fonte: CPRM, 2021.

Logo, observa-se que os logradouros se encontram nos bairros Santa Tereza, Alto Santa Rita e Bosque, que são predominantemente de famílias de baixa renda que construíram suas habitações em torno da região central da cidade em áreas vulneráveis e potencialmente suscetíveis à instabilidade do solo. A execução de cortes e aterros ocorrem em 99% dos casos deflagrados, que juntamente com a inexistência ou a precariedade dos serviços de drenagem levam a formação de deslizamentos planares (IPT, 2015).

Com a análise dos resultados encontrados na serialização das áreas de risco realizado no ano de 2021 e o acompanhamento destas áreas até 2023, percebe-se

que pouco foi realizado para a mitigação dos problemas apontados e novas áreas de risco surgiram. Como é o caso do Beco 12, cujas casas foram condenadas durante visita da defesa civil em 2021 e recomendada a remoção das famílias no relatório de Mapeamento das Áreas de Risco realizado também em 2021. Contudo, as famílias permanecem no mesmo local (Figura 5) e sem previsão de serem assessoradas.

Figura 5: Registro periódico da região do Beco 12 nos anos de 2021 e 2023.



Fonte: Da autora.

As imagens da Figura 6 representa uma das áreas não catalogadas durante o mapeamento das áreas de risco geológicas. Porém durante uma visita realizada pelos bairros já catalogados foi possível identificar onde já apresenta sinais de deslocamento do solo, ou seja, há risco de queda e as famílias não estão sendo orientadas.

Figura 6: Corte talude presente ao lado da casa situada na Rua Emerenciana Cândida de Jesus, nº 64, bairro Santa Tereza, Caxambu-MG.



Fonte: Da autora.

3.3 MEDIDAS MITIGADORAS

Para a gestão de riscos de escorregamentos, Augusto Filho (1998), enfoca a necessidade de medidas tanto estruturais (com obras de engenharia), quanto medidas não estruturais (como realizar a cartografia das áreas de risco) de modo a catalogar as áreas e focar as atividades de campo nas regiões que mais necessitam. Instruir a população em períodos chuvosos, em que há risco de queda, informar sobre o risco de construções inapropriadas, aterramentos com entulhos e construções em áreas inadequadas. Realizar planos de seguro e preventivos, capacitar a defesa civil para o atendimento em casos de emergências e a cartografia das áreas de risco (CPRM, 2021).

É necessário realizar medidas que previnam o acúmulo de água na massa de solo deslizante, como a restauração ou construção de caminhos de drenagem, retaludamento apropriado, a fim de propiciar uma angulação adequada aos taludes, que auxiliem na percolação das águas por gravidade, construção de muros de arrimo na base para reduzir ou desviar o movimento do solo. (LOLLO, 2018). Para isso, é necessário que o gerenciamento de risco adentre na agenda e no planejamento de políticas urbanas.

Uma efetiva política de gerenciamento de riscos, é necessário ao cenário em abordagem que ocorra a execução de obras preventivas e garanta a drenagem pluvial e esgotamento sanitário adequado. Além do reassentamento de moradias, para a parcela da sociedade que se encontra em estado de vulnerabilidade em casas com

alto riscos de deslizamentos de encostas e que a única alternativa existente era a remoção das famílias (IPT, 2007).

O acompanhamento das áreas já catalogadas e a análise de novas áreas desenvolvidas, a partir de visitas técnicas de agentes da Defesa Civil, é essencial para a tomada de decisões. De modo a realizar o acompanhamento da estabilidade das encostas, processos geomorfológicos ativos (como o movimento de rastejo) e monitorar novas ocupações em áreas passíveis a desmoronamentos ou áreas consideradas impróprias para construção (TAVARES, 2018).

A partir das visitas técnicas é possível analisar o perfil da população e avaliar as intervenções que serão ou estão sendo adotadas para a estabilização de encostas quando necessário ou até mesmo identificar a necessidade da remoção das famílias em casos extremos (MINISTÉRIO DAS CIDADES/ IPT, 2004). Para isso, é necessário investir em cursos de formação para os técnicos de defesa civil, com temas que possibilitem uma abordagem única para a execução tanto de mapeamento de áreas de risco, quanto nos planos de contingência. De modo a possibilitar um trabalho conjunto (SAITO, 2019).

É fundamental o apoio da população para conseguir reduzir as famílias afetadas por zonas de risco e isso só será possível por meio da conscientização da população sobre cortes inapropriados nas proximidades das casas, acúmulo de lixo nas encostas, conforme ilustra a Figura 7 (BUSCH, 2011). A partir de palestras informativas sobre os fatores e processos envolvidos, planos emergenciais, rotas para evacuação e localização de abrigos em emergências. Estas palestras podem ocorrer em escolas e centros comunitários que atendem a população residente nas áreas de risco (CUNHA, 2017).

Figura 7: Entulho encontrado na crista do talude da casa situada na Rua Emerenciana Cândida de Jesus, nº 64, bairro Santa Tereza, Caxambu/MG.



Fonte: Da autora.

4 RESULTADOS E DISCUSÕES

A partir do mapeamento das áreas de risco do município de Caxambu, pode ser analisado a vulnerabilidade da população residente. A falta de acesso à terra urbanizada e políticas habitacionais que atendam esta parcela da sociedade fazem com que o número de construções em áreas de risco continue em crescimento no município estudado.

O conhecimento das informações disponibilizadas pela setorização de áreas de risco geológico, constituem um instrumento de suma importância para o ordenamento territorial e prevenção de desastres, visto que permitem a análise das causas, acompanhamento do desenvolvimento do problema, bem como a elaboração de medidas mitigadoras e preventivas em áreas de risco, e a conscientização da população destas áreas.

O conjunto de fatores que levam a formação dos movimentos de massa são naturais e sociais do meio, representados pela suscetibilidade, perigo, vulnerabilidade e risco (RIFFEL, *et. al*, 2016). Com isso, para desenvolver políticas públicas eficientes é fundamental a construção de planos de ação locais, acesso a financiamento e o engajamento de todas as partes envolvidas, o acompanhamento e vistoria das áreas de risco (MCR2030, 2023). Além disso, é essencial que a política habitacional esteja inserida na política urbana, que contemple tanto a provisão de moradias de interesse social quanto a urbanização dos assentamentos precários (KRAUSE, 2016).

Para a organização das ações em prevenção e resposta é fundamental a análise geológica, climática da região. Não obstante, entender o perfil da população, processo social e histórico que levou ao estado de vulnerabilidade é uma premissa básica para evitar que isso volte a se repetir, ou que possa atuar em sua causa (SAITO, 2018).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Deslizamentos de terra apresentam como parcela mais afetada os moradores de bairros com padrão mais baixo, cujas moradias encontram-se em encostas de declividades altas e fundos de vale (ROSA FILHO, 2010).

De modo a minimizar as consequências sociais, econômicas e ambientais que acometem nosso planeta e com foco no desenvolvimento sustentável, a Organização das Nações Unidas (ONU) criou a Agenda 2030, bem como seus Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Ressalta-se que, enquanto houver famílias hipossuficientes obrigadas a viver em um ambiente, degradado por questões econômicas ou sociais, permanecem ativas às demandas da Agenda 2030 que garantam o desenvolvimento humano e uma vida de qualidade indistintamente. Ademais, esta parcela da população não apresenta de recursos para minimizar os danos, além de possuir menor acesso à informação e meios eficazes de locomoção que lhes garanta a saída do local antes da ocorrência do desastre (SIQUEIRA GARCIA *et. al.*, 2021).

A partir da análise da vulnerabilidade do município de Caxambu-MG aos acidentes naturais, é perceptível o desinteresse histórico em desenvolver o planejamento urbano que atenda as demandas das camadas populares e consequentemente, está longe de ser atendida a ODS de número onze, preconizado na Agenda 2030, que trata especificamente de cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis .

O mapeamento das áreas de risco serve de base conceitual para o desenvolvimento de ações municipais para a contingência dos deslizamentos de terra, cujas áreas mapeadas devem ser estudadas e sugestões de intervenções aplicadas.

Para que seja efetivo o trabalho nas áreas de risco é preciso que os envolvidos no processo adquiram consciência do problema e apresentem suporte técnico sobre o tema, a partir de cursos profissionalizantes para os técnicos da defesa civil, reuniões com a comunidade e a confecção de cartilhas explicativas, visto que há fatores de ordem econômica, cultural e histórica que corroboram para esse estado de inércia desses moradores (ROSA FILHO, 2010).

Este estudo permitiu conhecer os fatores condicionantes que contribuem para suscetibilidade a movimentos de massa na área de estudo. Em primeira análise, nota-se a necessidade de ser realizado um planejamento urbano adequado, com políticas

públicas aplicáveis e que atendam a real necessidade da população. É essencial que políticas de fiscalização e conscientização da população sejam adotadas, visto que o principal agente condicionador dos movimentos de massa é a ação antrópica, a partir da remoção da cobertura vegetal e a execução de cortes e aterros em terrenos que apresentam predisposição a escorregamentos (ROSA FILHO, 2010).

Vale ressaltar a importância de medidas que procurem prevenir, mitigar e alertar sejam adotadas antes dos períodos de chuva, de modo a preparar-se para desastres e emergências, devido à alta suscetibilidade a movimentos de massa e as chuvas atuarem como principal agente deflagrador. Logo, as ações da defesa civil e da prefeitura devem ser planejadas e não reativas, conforme referenciado na Lei Federal nº 10.257 de 10 de junho de 2001, que estabelece e regulamenta os recursos necessários para que os municípios articulem e implementem produção habitacional, a provisão de infraestrutura, a implantação de obras de segurança (BRASIL, 2001).

Como trabalho futuros sugere-se:

- Contribuir na formação de multiplicadores dentro das comunidades em áreas de risco por meio de criação de cartilhas associadas aos riscos e a importância da adoção de práticas sustentáveis na construção civil.
- Avaliar a cidade de Caxambu-MG por meio dos indicadores de cidades sustentáveis preconizados na norma ABNT NBR ISO 37120 (2021).
- Coletar os dados dos Censos Demográficos de 2010 e 2022 do município de Caxambu-MG, para avaliação do desenvolvimento sustentável do município por meio dos indicadores norma ABNT NBR ISO 37120 (2021).
- Avaliar os diagnósticos obtidos pelos indicadores de urbanização sustentável para outros municípios.

REFERÊNCIAS

ANDRETTA, Elton Rodrigo *et al.* Mapeamento das áreas de risco no bairro Gilberto Mestrinho, zona leste de Manaus - AM. **Estudos Geológicos**, Recife, v.3, n.1, p. 3–11, 2013.

AREND, Silvio; WESCHENFELDER, Wilson Junior. A ocupação do solo em área de preservação permanente: O avanço sobre a planície de inundação do Arroio Castelhana na Área Urbana de Venâncio Aires, RS. **Anais do II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, Londrina. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 37120: Cidades e Comunidades Sustentáveis – Indicadores de serviços urbanos e qualidade de vida**. Rio De Janeiro, 2021.

AUGUSTO FILHO, O. **Caracterização Geológico-Geotécnica Voltada à Estabilização de Encostas: uma Proposta Metodológica**. In: 1ª COBRAE, Rio de Janeiro. Anais, ABMS/ABGE, v.2, p. 721-733, 1992.

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

BRANDÃO, J.R.L. **Desenvolvimento e mudança social: formação da sociedade urbano-industrial no Brasil**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1978.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1998. Brasília: **Diário Oficial da União**. 1988.

BRASIL. **Índice de Desenvolvimento Sustentável das Cidades**: Caxambu/MG. 2018. Disponível em: <https://idsc-br.sdgindex.org/profiles/caxambu-MG>. Acesso em: 24 jun. 2022.

BRASIL. **Lei nº 10.257 de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2001.

BRASIL. **Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012**. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil – CONPDEC. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 17 jun. 2022.

BRASIL. Ministério das Cidades; IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Brasília: MCidades; IPT, 2007.

BUSCH, Amarílis; AMORIM, Sônia Naves David. **A tragédia da região serrana do Rio de Janeiro em 2011: procurando respostas**. 2011.

CAMARA MUNICIPAL DE CAXAMBU. **Código de Obras do Município de Caxambu/MG**: Lei Complementar nº12/2000 12/2000 e Legislação Suplementar. 2020.

CANO, Wilson. Crise e industrialização no Brasil entre 1929 e 1954: a reconstrução do Estado Nacional e a política nacional de desenvolvimento. **Revista de Economia Política**, 2016.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTA DE DESASTRES NATURAIS (CEMADEN). **Apresentação**. Disponível em: <https://www.gov.br/cemaden/pt-br/acesso-a-informacao/institucional-1/apresentacao>. Acesso em: 20 abr. 2023.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DE MINAS GERAIS. **Estância hidromineral de Caxambu: plano de aproveitamento econômico - PAE -, norma regulamentadora da mineração - NRM 20**. BELO HORIZONTE: 2016. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/http://www.codemig.com.br/wp-content/uploads/2018/04/9.anexo-ix-plano-de-aproveitamento-economico-caxambu.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2022.

CRUDEN, D. M., VERNES, D. J. Landslides: type and processes. In TURNER, A. K.; SCHUSTER, R. L.. **Landslides investigation and mitigation**. Washington: Transportation Research Board, National Research Council – Special Report, 247. Cap. 3, p. 36-75.

CUNHA, Raquel Dalledone Siqueira da. **A comunicação dos riscos na preparação para emergências nucleares: um estudo de caso em Angra dos Reis, Rio de Janeiro**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

C40. **Sobre C40**. Disponível em: www.c40.org/about-c40/. Acesso em: 12 abr. 2023.

DEFESA CIVIL – SC. **Os CONSEGS e a redução de riscos.** Governo do Estado de Santa Catarina, 2ª ed., 2008.

DESARROLLANDO CIUDADES RESILIENTES 2030 (MCR2030). **Un plan desde la vulnerabilidad hacia la resiliencia.** Disponível em: <https://mcr2030.undrr.org/es>. Acesso em: 28 abr. 2023.

DOS SANTOS, Humberto Gonçalves. et. al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5ª ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

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.

FONSECA, C.D. **Arraiais e vilas d’el rei: espaço e poder nas Minas setecentistas.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 2011. Humanitas series, 731 p. ISBN: 978-85-423-0307-0.

GLOBAL COVENANT OF MAYORS FOR CLIMATE & ENERGY. **Quem nós somos.** Disponível em: <https://www.globalcovenantofmayors.org/who-we-are/>. Acesso em: 29 Abr. 2023.

GONÇALVES, Yanna D’angelis de Carvalho. **Estudo do movimento de massa do tipo rastejo (*creeping*) no morro do Benjamin em São José - SC.** Florianópolis, 2014.

GOMES, Érika A. et. al. **Contribuição para o envolvimento da população nos processos de gestão de riscos geológico-geotécnicos – o caso de Ouro Preto/MG.** In: XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica: O Futuro Sustentável do Brasil passa por Minas. Belo Horizonte, 2016.

GRAMANI, M. F.; KANJI, M. A. **Inventário e Análise das Corridas de Detritos no Brasil.** Terceira Conferência Brasileira de Estabilidade de Encostas (3º COBRAE). Rio de Janeiro (RJ), 2001.

GUDINO-ELIZONDO, Napoleon *et al.* Rapid assessment of abrupt urban mega-gully and landslide events with structure-from-motion photogrammetric techniques validates link to water resources infrastructure failures in an urban periphery. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 22, n. 2, p. 523-538, 2022.

GUERRA, Antônio José Teixeira; MARÇAL, Mônica dos Santos. **Geomorfologia ambiental**. Bertrand Brasil, 2006.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação**. São Paulo, Ed. Edgard Blücher Ltda. 1984, 192p.

Highland, L.M., and Bobrowsky, Peter. ***The landslide handbook: a guide to understanding landslides***. Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular 1325, 129p., 2008.

ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade. **Quem somos**. 2016. Disponível em: <https://americadosul.iclei.org/quem-somos>. Acesso em: 28 Abr. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População em áreas de risco no Brasil**. Rio de Janeiro, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/caxambu/panorama>. Acesso em: 22 jun. 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Agenda 2030: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, Metas Brasileiras**. Brasília: 2018

MORAIS, M. da. P.; KRAUSE, C.; LIMA NETO, V. C. **Caracterização e tipologia de assentamentos precários: estudos de caso brasileiros**. Brasília: Ipea, 2016.

LANA, Doutor Cláudio Eduardo; CASTRO, Doutor Paulo de Tarso Amorim. ***Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium***. Ituiutaba, v. 5, n. 2, p. 533-555, 2014.

LANA, Julio Cesar; JESUS, Denilson de; ANTONELLI, Tiago. **Guia de procedimentos técnicos do departamento de gestão territorial: setorização de áreas de risco geológico**. V. 3. Edição 1. Brasília: CPRM, 2021.

LEROUEIL S. ***Geotechnics of Slope before Failure***. IX International Symposium on Landslides, Rio de Janeiro (RJ), p. 863-885, 2004.

LOLLO, José Augusto. **Solos colapsáveis: identificação, comportamento, impactos, riscos e soluções tecnológicas**. São Paulo: Universidade Estadual Paulista, 2008.

LOUSADA, Gabriel; FARIAS, Heitor. Desastres ambientais, prevenção e mitigação: um estudo de caso da região de Angra dos Reis/RJ. **Revista Continentes** (UFRRJ), nº 3, n. 5, 2014, p. 131 – 149 (ISSN 2317 - 8825).

MATOS, Ralfo. Migração e urbanização no Brasil. **Revista Geografias**, Belo Horizonte, v. 8, n. 1, 2012.

MINISTÉRIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Treinamento de Técnicos Municipais para o Mapeamento e Gerenciamento de Áreas Urbanas com Risco de Escorregamentos, Enchentes e Inundações**. Apostila de treinamento. 2004.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Construindo cidades resilientes 2030**. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/cidades-resilientes>. Acesso em: 24 de abr. 2023.

MONAT, Henrique. **Caxambu**. Rio de Janeiro, 1984.

NAÇÕES UNIDAS. **Como construir cidades mais resilientes: um guia para gestores públicos locais**. Genebra, 2012.

NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos de desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/ods11.html>. Data de acesso: 22 mar. 2022.

NIEBLE, CARLOS MANOEL; GUIDICINI, GUIDO. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. 2ª edição. São Paulo: 1984.

PASTORELLI JUNIOR, José Henrique. **Estudo da sustentabilidade e resiliência urbana no contexto da redução de risco de desastres**. Campinas, SP: 2018.

PEDROSA - SOARES, Antônio C; JEBER, Adriana; ALKIMIN, Fernando F. de; SCUDINO, Paulo C. B.; LA TERRA, Emanuele F.; VOLL, Eliane. **SIGA – CIRCUITO DAS ÁGUAS: Caracterização geombiental, geológica, geofísica, hidrogeologia e hidrogeoquímica do Circuito das Águas de Caxambu, Cambuquira, Marimbeiro, Contendas e Lambari**. 1 ed.: Campanha de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE) Belo Horizonte, 2018.

PELOGGIA, A.U.G.; ORTEGA, A.M. 2016b. Sobre a recorrência geohistórica de desastres ambientais no Sudeste do Brasil: uma perspectiva de longa duração. **Revista UNG – Geociências**, v.15, n.2, 2016.

PENTEADO, M.A.M. Fundamentos de Geomorfologia. Rio de Janeiro: IBGE, 1974. 158p. ROSS, J.L.S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**. In: Revista do Departamento de Geografia FFLCH – USP, no 8, São Paulo, 1994

PRADO JÚNIOR, Caio. **Evolução política no Brasil e outros ensaios**. São Paulo: Editora Brasiliense, 1963.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAXAMBU. **Plano Estratégico de Desenvolvimento Econômico de Caxambu**. Caxambu, 2018.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAXAMBU. **Portal de GeoInformação de Caxambu**. Disponível em: <http://www.caxambu.mg.gov.br/v2/portal-de-geoinformacao-de-caxambu/>. Acesso em: 30 abr. 2022.

PROJETO SAMBAS. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Caxambu: Produtos A e B – Atividades iniciais de planejamento e elaboração**. Belo Horizonte, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA) Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), 2018. Disponível em: <http://www.caxambu.mg.gov.br/v2/wp-content/uploads/2021/05/PMSB-CAXAMBU.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2022.

RAMOS, Marina Courrol. **Políticas públicas de adaptação às mudanças climáticas em face das populações vulneráveis e da justiça climática**. Dissertação (Mestrado em Direito) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2015.

RIFFEL, Eduardo Samuel; GUASSELLI, Laurindo Antonio; BRESSANI, Luiz Antonio. Desastres associados a movimentos de massa: uma revisão de literatura. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 36, 2016. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/42796>. Acesso em: 15 maio 2022.

ROCHA, Érica T. da S. (2021). Mobilidade humana e desastres ambientais: a gestão urbana em áreas de risco. **Revista De Gestão Social E Ambiental**, v. 15. Disponível em: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v15.2767>. Acesso em: 10 abr. 2022.

ROSA FILHO, Artur. A problemática socioambiental da ocupação urbana em áreas de risco de deslizamento da “Suíça Brasileira”. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, n. 1, p. 33-40, 2010.

SAITO, Silvia Midori. Vulnerabilidades no contexto de sistemas de alerta de risco de desastres. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, p. 618-630, 2018.

SAITO, Silvia Midori et al. População urbana exposta aos riscos de deslizamentos, inundações e enxurradas no Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 31, n. 1, p. 1-25, 2019.

SCHMIDT, Luísa *et al.* Alterações climáticas, sociais e políticas em Portugal: processos de governança num litoral em risco. **Ambiente & Sociedade**, v. 15, p. 23-40, 2012.

SECRETARÍA INTERINSTITUCIONAL DE LA ESTRATEGIA INTERNACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DE DESASTRES, NACIONES UNIDAS (EIRD/ONU). **Vivir con el Riesgo: Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres**. 2014. Disponível em: <https://www.eird.org/vivir-con-el-riesgo/index2.htm>. Acesso em: 30 mar. 2023.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. 2021. **GIRD+10: Caderno Técnico de Gestão Integrada de Riscos e Desastres Naturais**. 1ª ed. Brasília, DF, 2021.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). **Setorização De Áreas De Risco Geológico: Caxambu/MG**. 2021.

SILVA, B. C. F. de S.; SOTOPIETRA, M. Z.; PRADO, A. A. do. Cidades resilientes: planejamento e infraestrutura urbana no enfrentamento a desastres no município de Uruaçu - GO. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1–10. DOI: 10.46421/entac.v19i1.2220. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/2220>. Acesso em: 30 abr. 2023.

SIQUEIRA GARCIA, Denise Schmitt *et. al.* **Diálogos de socioambientalismo, sustentabilidade, governança e justiça ambiental**. Itajaí: Ed. da Univali, 2021.

SUASSUNA, C. C. A. **Mudanças Climáticas e Resiliência de Cidades: Aspectos Institucionais**. In: Fátima Furtado, Luiz Priori, Ednéa Alcântara. (Org.). **Mudanças climáticas e resiliência de cidades**. 1ed. Recife: 2015.

SUZANA, Cynthia Carneiro de Albuquerque. **Cidade resiliente: sistema de indicadores dos aspectos institucionais**. Tese de doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, 2014.

TATIZANA, C. *et al.* **Análise de correlação entre chuvas e escorregamentos – Serra do Mar, município de Cubatão**. *In*: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 5, São Paulo. Anais, São Paulo: ABGE, v. 2, pp. 225-236, 1987.

TAVARES, Vera Lúcia Silva. **Proposta de metodologia para índice de risco (ir) no distrito sede do município de Ouro Preto/MG: uma contribuição para a hierarquização das áreas de risco e as tomadas de decisões**. Tese de mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, 2018.

TOMINAGA, Lídia; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosangela. **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. 3ª Edição. São Paulo: Instituto Geológico, 2015.

UNITED NATIONS. **UNIVERSAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION**. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/defesa-civil-no-brasil-e-no-mundo-1/cidades_resilientes_campanha_anterior_material.pdf. Acesso em: 24 abr. 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. **Programa Nacional de Solos do Brasil**. Disponível em: <https://geoportal.cprm.gov.br/pronasolos/>. Acesso em: 25 jun. 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012**. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. 2. ed. rev. ampl. – Florianópolis: CEPED UFSC, 2013.

VEDOVELLO, R.; MACEDO, E. Deslizamentos de encostas. *In*: SANTOS, R. F. (Org.). **Vulnerabilidade ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos?** Brasília: MMA, 2007.

VEYRET, Y.; RICHEMOND, N. M. de. Definições e Vulnerabilidades do Risco. *In*: VEYRET, Y. (Org.). **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007, pp. 25-46.

WRI Brasil; EMBARQ Brasil. **GDV: gestão da demanda de viagens e mobilidade corporativa**. Porto Alegre, 2015.