

Received:
September 07, 2021

Accepted:
September 14, 2021

Published:
October 29, 2021

Mapping of geological and environmental risks from the Aécio Cunha dam to the Teófilo Otoni bus station

Raul César Ferreira Durães¹ , Luély Souza Guimarães¹ , Cibele Aparecida de Moraes Rocha¹ , Gisele Monteiro de Sousa¹ , Antônio Jorge de Lima Gomes¹ 

¹ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Teófilo Otoni, Brasil.

Email address

raul.duraes@ufvjm.edu.br (Raul C.F. Durães) – Corresponding author.

luely.guimaraes@ufvjm.edu.br (Luély S. Guimarães)

cibele.moraes@ufvjm.edu.br (Cibele A.M. Rocha)

gisele.monteiro@ufvjm.edu.br (Gisele M. Sousa)

antonio.gomes@ufvjm.edu.br (Antônio J.L. Gomes)

Abstract

This work presents the Mapping of Geological Risks on the slopes of the Todos os Santos River, in Teófilo Otoni / MG, with the objective of knowing, identifying, analyzing and mapping the risks on the slopes, in the stretch of the Aécio Cunha dam to the road station in downtown. The relevance of this work was based on the need to present, report on environmental impacts and warn of risks. A bibliographic and field research was carried out, with a case study in the area using data collection techniques. In the field research, a mapping of risk areas was carried out in the years 2016 and 2021. Fourteen sectors were identified in the coverage area, among them 08 sectors presented risk areas, six sectors with risks related to mass movement, where the sectors 01 and 02 presented low risk (R1), sector 07, 13 and 14 medium risk (R2) and sector 09 and with high risk (R3). Sectors 03 and 12 were classified as areas of risk of inundations and spate with low risk (R1) and high risk (R3) respectively, and within the sectors of the coverage area, none presented very high risk (R4). From the mapping of risk areas and their association with mass movement, inundations and spates, it is possible to adopt measures to minimize risks, implement actions, stimulate the effective participation of society and make data available to government institutions, as well as present measures to be instituted, with the objective of bringing benefits to the whole society.

Keywords: Mapping of risk, Mass movements, Landslides, Inundations and spates.

1. Introdução

O presente trabalho descreve o levantamento e mapeamento de áreas de risco de movimento de massa, enchente e inundação das margens do Rio Todos os Santos em Teófilo Otoni - MG, no trecho compreendido entre a barragem Aécio Cunha e a estação rodoviária localizada no centro da cidade.

A escolha desse tema foi fundamentada na necessidade de identificar, selecionar, apresentar, relatar os impactos ambientais, alertar, conhecer e avaliar o grau dos riscos nas encostas pesquisadas, com possível risco de escorregamentos de massa, enchentes e inundações.

Observa-se que na realização do levantamento, houve o desenvolvimento de uma

pesquisa para contribuir com a sociedade de Teófilo Otoni - MG, afim de minimizar os riscos ambientais que serão relatados pelo presente trabalho.

Conhecer o meio físico da área de estudo, ao qual se está inserido é de extrema importância no que diz respeito ao entendimento das formas de modificação do ambiente.

Diante de tal aspecto o conhecimento e a compreensão, associados ao mapeamento das inúmeras possibilidades que o meio físico-natural possui são de grande valia no que diz respeito ao planejamento ambiental e territorial. A partir destes aspectos, o processo de urbanização consciente se tornaria mais fácil e não promoveria inúmeros desastres como ocorrem hodiernamente (Silveira et al., 2013).

Devido aos processos de risco geológico que algumas cidades se enquadram, é de extrema importância o conhecimento do solo como também às características da geologia local, e para promover esse conhecimento é importante a aplicação do mapeamento geológico das regiões, a fim de garantir os benefícios supramencionados, como também promover maneiras alternativas para a prevenção de movimentos de massa e inundações.

O solo é o resultado de processos bióticos e abióticos, sendo esses os fatores que indicam a sua composição e o seu comportamento, no qual se distinguem entre as regiões, devido aos fatores intrínsecos de cada uma, dessa maneira, devido a geologia local da cidade de Teófilo Otoni, essa se caracteriza por possuir um solo predominantemente do tipo latossolo vermelho-amarelo (Ramos e Gomes, 2016).

O levantamento das áreas de riscos de uma região permite o planejamento urbano consciente, sendo associado às normas vigentes, visto que essas regulamentam o uso dos espaços territoriais, que podem promover uma integração da prevenção de riscos ambientais e geológicos, tal qual, na proteção e preservação do meio ambiente da cidade (Ramos e Gomes, 2016).

A minimização dos riscos geológicos e hidrológicos e a prevenção de acidentes podem ser executados a partir de três enfoques distintos, simultaneamente ou não, com o objetivo de eliminar/reduzir o risco agindo sobre o processo e sobre a consequência, evitar a formação de áreas de risco através do controle efetivo do uso do solo e conviver com os problemas por meio de planos Preventivos de Defesa Civil (IPT, 2007).

2. Área de estudo

Teófilo Otoni está situado no nordeste do estado de Minas Gerais, Figura (1), e de acordo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a área territorial de Teófilo Otoni é de 3.242,270 km² e a população estimada de 140.937 habitantes, apresentando densidade demográfica de 41,56 habitantes/km² (IBGE, 2019).

A cidade possui clima tropical quente semiúmido, ou tropical com estação seca, com temperatura média anual de 23 °C, com invernos

secos e amenos e verões chuvosos com temperaturas elevadas (IBGE, 2018).

A morfologia se caracteriza por ser composta por planaltos de profunda dissecação fluvial e clima que apresenta pluviosidade concentrada na estação chuvosa, entre os meses de outubro a março, neste período ocorre mais de 80% dos índices pluviométricos anuais (Ferraz, Valadão e Henrique, 2016). Com base na Figura (1), a seguir, é possível identificar a localização de Teófilo Otoni – MG.

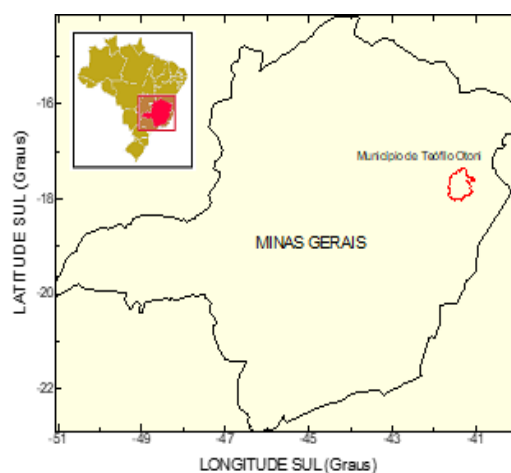


Figura 1 – Localização de Teófilo Otoni – MG (Gomes et al., 2012).

2.1. Rio Todos os Santos

O Rio Mucuri é composto pela junção dos Rios Mucuri Sul e Mucuri do Norte, possui uma extensão de cerca de 15.100 km², sendo 95% pertencente ao Estado de Minas Gerais e 5% no Estado da Bahia, com nascentes nos municípios de Malacacheta e Ladainha. Dentre os principais afluentes do Rio Mucuri estão o Rio Todos os Santos, margem direita, e o Rio Pampã, margem esquerda (Euclides et al., 2011), conforme pode ser observado na Figura (2).

O Rio Todos os Santos é a principal fonte de abastecimento de água da zona urbana e rural da região que compreende a cidade de Teófilo Otoni, além de receber descarga de resíduos sólidos e de efluentes domésticos, o que influencia na qualidade da água e compromete toda a população que faz o uso dela (Lyra, 2018).

Este Rio inicia-se no município de Poté e percorre cerca de 172 km até chegar na cidade de Carlos Chagas, onde deságua no Rio Mucuri (Costa, Silva e Colares, 2019), Figura (2).

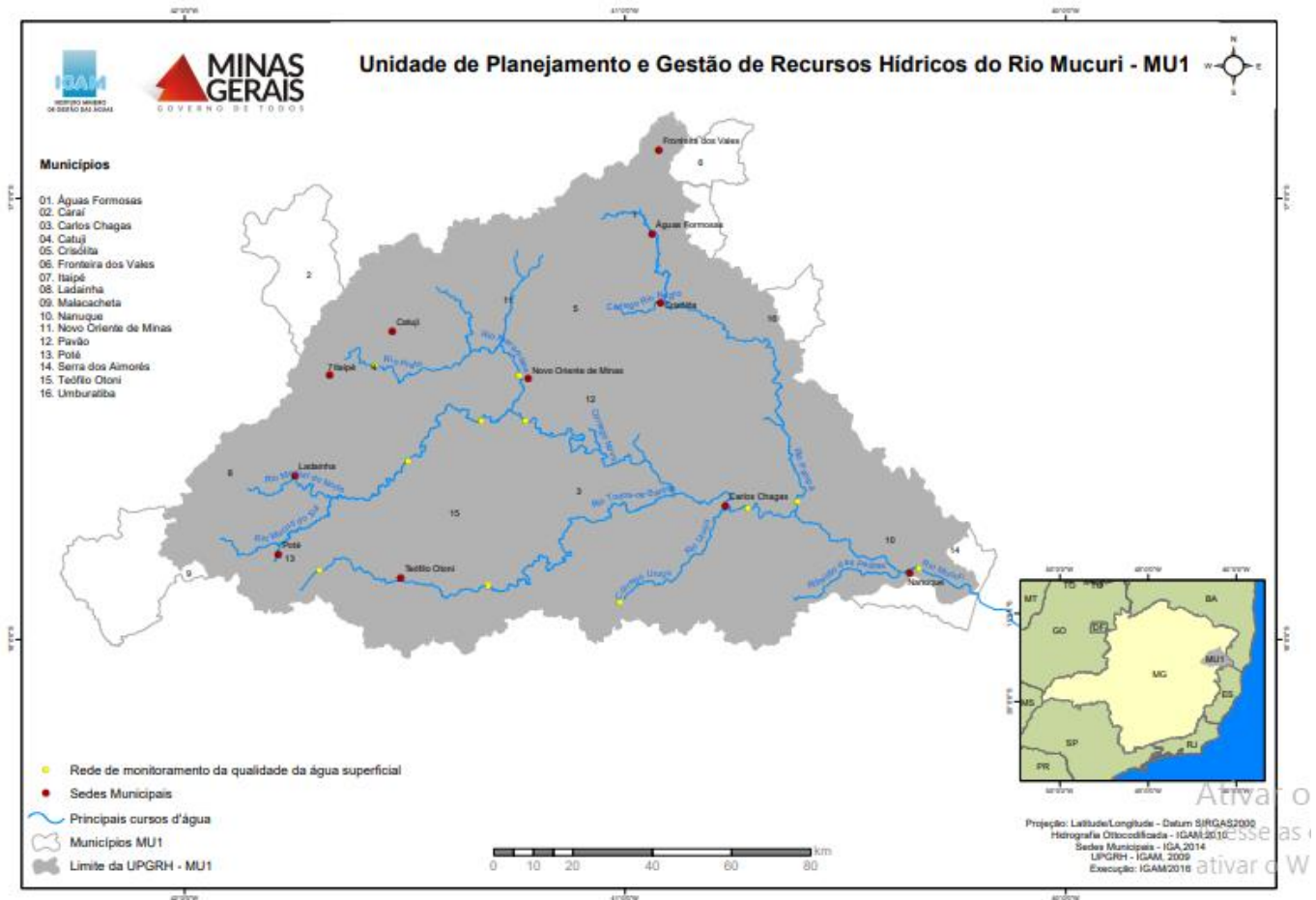


Figura 2 – Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri (IGAM, 2016).

2.2. Geologia regional

A geologia da região que abrange a cidade de Teófilo Otoni é composta predominantemente pelas formações Tonalito São Vitor na suíte intrusiva galiléia e Tumiritinga no grupo Rio Doce, Figura (3) (CPRM, 1996).

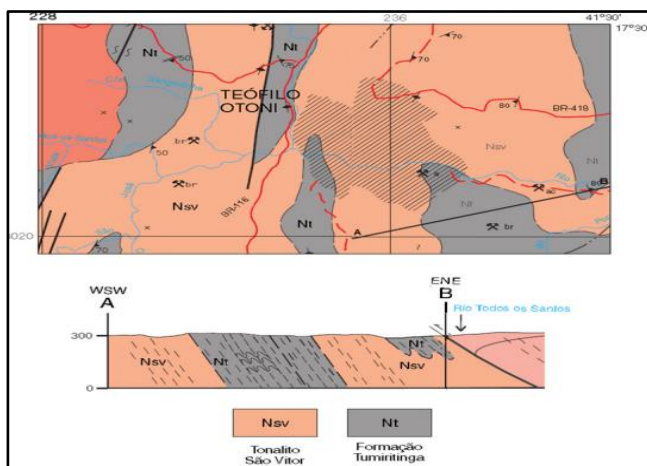


Figura 3 – Principais formações geológicas da cidade de Teófilo Otoni (Adaptação de Gomes, Cardozo e Mourão, 2013).

Segundo Ferraz, Valadão e Henrique (2016) a estrutura litológica de Teófilo Otoni é caracterizada por rochas arqueano-proterozóicas, principalmente, tonalitos, xistos e gnaisses, com estruturas marcadas por falhas e lineamentos de direção principal NE - SW.

A formação geológica Tonalito São Vitor é composta por granitos sin- a tarditectônicos e os principais tipos petrográficos são biotita tonalito, hornblenda-biotita tonalito, ocasionalmente granodiorito de granulometria média a grossa e coloração cinza (CPRM, 1996).

Já a formação Tumiritinga é composta por granitos sintectônicos e tem como litotipo principal a biotita gnaiss cinza e mármore local (CPRM, 1996).

Do ponto de vista pedológico, a cidade de Teófilo Otoni compõe nos terços superiores das suas vertentes latossolos vermelho-amarelo (solos estáveis) e argissolos e cambissolo, ambos vermelhos e vermelho- amarelos nas regiões de maior declividade (topos). Nas regiões próximas

aos cursos d'água é comum a presença de solos hidromórficos, representados por coberturas coluvionares. O aspecto destas vertentes pode configurar afloramentos rochosos ou cicatrizes de escorregamentos (Ferraz, Valadão e Henrique, 2016).

Ferraz, Valadão e Henrique (2016) ainda ressaltam que provavelmente a ocupação em áreas de solo estável (latossolos) explica as poucas ocorrências que resultam em mortes e prejuízos causados por movimentos de massa em Teófilo Otoni, entretanto, a expansão desta ocupação pode resultar em catástrofes futuramente, em decorrência da ocupação em áreas de solo mais frágeis, visto que a região apresenta uma tendência relacionada a deslizamentos, rastejamentos dentre outros movimentos de massa, em virtude dos aspectos das encostas (declivosas) e material de piso (colúvios) presentes na região.

3. Materiais e métodos

A metodologia utilizada no presente estudo foi composta por três atividades distintas, compreendendo pesquisa bibliográfica, pesquisa de campo com visitas técnicas e análises quantitativas e qualitativas.

Segundo Aleotti e Chowdhury (1999), métodos qualitativos são aqueles baseados na experiência do profissional ou grupo que está realizando o trabalho e se baseia em uma análise subjetiva das áreas em relação a sua suscetibilidade e perigo de ocorrer um evento. A vantagem clara deste método é sua precisão, uma vez que profissionais experientes em campo conseguem coletar as informações necessárias para que o trabalho possa ser realizado com relativo sucesso.

O método quantitativo, por sua vez, também segundo Aleotti e Chowdhury (1999), utiliza métodos estatísticos para relacionar a ocorrência de movimentos de massa a fatores preestabelecidos.

Sendo assim, a distribuição dos setores de risco ao longo do município é similar, mudando apenas a forma de setorização da área, ou seja, as inclusões de determinados elementos podem ser diferentes dada a complexidade de cada área.

A partir da visita de campo, no trecho compreendido entre a barragem Aécio Cunha e a estação rodoviária de Teófilo Otoni - MG, foram selecionadas as áreas que se qualificam em situações de risco, mesmo que não exista histórico

de acidentes. Os principais pontos que foram avaliados são: a existência de construções que estejam em risco, a topografia/declividade do terreno, o escoamento de águas pluviais e de águas servidas, indícios de processos desestabilizadores de terreno, possibilidades de inundações, enchentes e enxurradas (CPRM, 2018).

3. 1. Mapeamentos de áreas de risco

O risco está associado a possibilidade de ocorrência de um determinado evento relacionado a gravidade dos danos e os impactos sobre os elementos, grupos ou comunidades (IPT, 2007).

Já as áreas de risco são definidas como locais suscetíveis a ocorrência de eventos ou fenômenos naturais que provoquem consequências adversas ao meio ambiente, economia e sociedade. No Brasil estas áreas são comumente encontradas em zonas periféricas do país, caracterizadas por aglomerados habitacionais ocupados por pessoas de classe baixa, que estão expostas ao perigo, que provoca danos e perdas, sejam estes materiais como também de vidas (IPT, 2007).

Há diversos tipos de mapeamentos existentes, contudo, na literatura três possuem maior destaque e aplicação, que devido a eficiência colaborativa deles, promoveu a junção e resultou no mapa de risco com relação a uma determinada área. Eles são o mapa inventário, o mapa de suscetibilidade e mapa de risco (IPT, 2007).

O mapa inventário se configura por compreender a distribuição espacial dos eventos, analisar o conteúdo (o tipo, tamanho, forma e outros) e as informações de campo, como fotos e dados (IPT, 2007). Este mapa serve de base para que o mapa de suscetibilidade possa identificar os fatores que promoveram a ocorrência do evento, como também entender essa correlação, e classificar as paisagens com relação a suscetibilidade, sendo importante para a elaboração de medidas de prevenção e planejamento do uso e ocupação (IPT, 2007).

O mapa de risco se baseia em uma avaliação de dano potencial à ocupação, viabilizado em distintos critérios de risco, resultantes da probabilidade de ocorrência de processos geológicos naturais ou induzidos, e das consequências sociais e econômicas decorrentes (IPT, 2007).

Algumas ações e questionamentos com o intuito de identificar a tipologia dos processos, aplicar o mapeamento das áreas de risco, analisar a correlação das condições hidrometeorológicas adversas e monitoramento, implementar medidas estruturais e não-estruturais, e identificar órgãos responsáveis pela implementação das medidas servem para sanar e/ou esclarecer dúvidas que possam surgir ao longo da elaboração do mapeamento de áreas de risco de deslizamentos, enchentes e inundações (IPT, 2007).

No processo de análise de risco estão envolvidas as etapas de avaliação dos perigos potenciais e das condições de vulnerabilidade que, juntos, podem provocar danos aos indivíduos, propriedades, meios de subsistência e ao meio ambiente dos quais a sociedade depende (UNISDR, 2009).

Segundo o IPT (2007), “As atividades de prevenção estão relacionadas a estudos de natureza técnico-científica, na definição da magnitude de um desastre e no estabelecimento das medidas que possibilitem a proteção da população e de seus bens materiais”.

3.2. Movimentos de massa

Os movimentos de massa se qualificam como movimentos de solo, rocha e outros, sob a ação direta da gravidade. Tal processo se qualifica como natural, que compõem a evolução geomorfológica nas regiões (Tominaga, Santoro e Amaral, 2015).

O processo desregulado de ocupação do solo, auxiliado pelo processo progressivo de urbanização sem os devidos planejamentos e ações protetivas de redução de riscos, promovem o aumento de desastres relacionados aos movimentos de massa (Tominaga, Santoro e Amaral, 2015).

Logo, os movimentos de massa gravitacionais mobilizam solo, sedimentos, vegetação ou rocha pela encosta abaixo, e são geralmente potencializados pela ação da água (Tominaga, Santoro e Amaral, 2015).

O solo é formado por um processo contínuo, pela degradação e decomposição das rochas, ou seja, o intemperismo. O intemperismo pode ser definido como a junção de processos que promovem a desintegração e a decomposição das rochas e dos minerais a partir da ação de agentes atmosféricos e

biológicos. O solo resulta do intemperismo e da adição de matéria orgânica, organizado em camadas com características diferentes que são denominadas por horizontes O, A, B, E, C e R (Chioffi, 2013; Tominaga, Santoro e Amaral, 2015).

A ação do intemperismo ocorre por meio de modificações nas propriedades físicas e químicas dos minerais e rochas, sendo a ação do intemperismo físico e químico, respectivamente. Quando há participação de seres vivos e de matéria orgânica, é classificado em físico-biológico ou químico-biológico (Press et al., 2006).

A natureza apresenta maneiras de controle do intemperismo baseadas nas condições e fatores da natureza. Em geral correspondente aos organismos vivos, material de origem, clima, tempo e relevo (Press et al., 2006).

Há várias classificações nacionais e internacionais relacionadas a movimentos e deslizamentos gravitacionais de massa, dentre elas destaca-se as classificações de Augusto Filho (1992) citada por IPT (2007), onde os movimentos de massa relacionados a encostas são agrupados em quatro grandes classes de processos, sendo: os rastejos, os escorregamentos, as quedas e as corridas.

De maneira resumida, este trabalho segue a metodologia do IPT (2007), conforme a Tabela (1) com as principais características dos movimentos.

3.2.1. Processos associados aos movimentos de massa

Para a avaliação do grau de probabilidade da ocorrência do risco associado aos movimentos de massa, o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) classificou os graus de risco em quatro critérios, estes estão apresentados a seguir, com o objetivo de determinar os fatores para o mapeamento do risco.

Para tanto, a Tabela (2) descreve os critérios para a determinação de graus de probabilidade da ocorrência de processos associados a movimentos de massa, sendo que o risco baixo – R1 está representado na cor verde; o risco médio – R2 está demonstrado na cor amarelo; o risco alto – R3 está expresso na cor laranja; e o risco muito alto – R4 está mostrado na cor vermelha.

Tabela 1 – Principais características dos movimentos de massa de solo (IPT, 2007).

| PROCESSOS | CARACTERÍSTICAS DO MOVIMENTO/MATERIAL/GEOMETRIA |
|-----------------------------|---|
| RASTEJOS (CREEP) | <ul style="list-style-type: none"> - Vários planos de deslocamento (internos); - Velocidades muito baixas (cm/ano) a baixas e decrescentes com a profundidade; - Movimentos constantes, sazonais ou intermitentes; - Solo, depósitos, rocha alteradas/ fraturadas; - Geometria indefinida. |
| ESCORREGAMENTOS (SLIDES) | <ul style="list-style-type: none"> - Poucos planos de deslocamento (externos); - Velocidades médias (m/h) a altas (m/s); - Pequenos a grandes volumes de material; - Geometria e materiais variáveis; <ul style="list-style-type: none"> . Planares: Solos pouco espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza; . Circulares: Solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas; . Em cunha: Solos/ rochas com dois planos de fraqueza. |
| QUEDAS (FALLS) | <ul style="list-style-type: none"> - Sem planos de deslocamento; - Queda livre ou rolamento através de plano inclinado; - Velocidades muito altas (vários m/s); - Material rochoso; - Pequenos e médios volumes; - Geometria variável: lascas, placas, blocos, etc. <p>ROLAMENTO DE MATAÇÃO E TOMBAMENTO.</p> |
| CORRIDAS (FLOWS) | <ul style="list-style-type: none"> - Muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimentação); - Movimento semelhante ao de um líquido viscoso; - Desenvolvimento ao longo das drenagens; - Velocidades médias a altas; <p>Mobilização de solo, rochas, detritos e água;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grandes volumes de material; - Extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas. |

Tabela 2 – Graus de probabilidade da ocorrência de processos associados a movimentos de massa (CPRM, 2015).

| Grau | Classificação | Descrição |
|------|---------------|--|
| R1 | Baixo | Não há indícios de desenvolvimento de processos destrutivos em encostas e margens de drenagens. Mantidas as condições existentes, não se espera a ocorrência de eventos destrutivos. |
| R2 | Médio | Observa-se a presença de alguma(s) evidência(s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipiente(s). Mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas. |
| R3 | Alto | Observa-se a presença de significativa(s) evidência(s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes etc.). Mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas. |
| R4 | Muito Alto | As 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 escorregamento, feições erosivas, proximidade da moradia em relação ao córrego etc.) são expressivas e estão presentes em grande número e/ou magnitude. Mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas. |

3.3. Enchentes e inundações

As enchentes e inundações indicam um dos principais tipos de desastres naturais que assolam áreas urbanas ou agrárias. Ocorrem frequentemente a partir de chuvas intensas e passageiras ou de longa duração, entre outros fatores climáticos ou por interferência humana (IPT, 2007)

A Figura (4) apresenta de forma didática com relação às fases da enchente e da inundação.

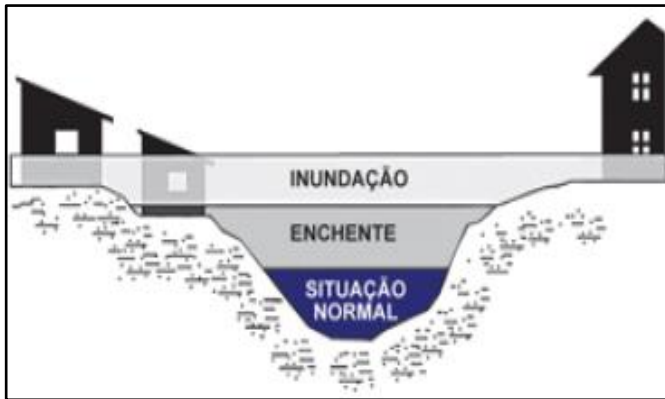


Figura 4 – Perfil esquemático do processo de enchente e inundação (Carvalho, 2007).

A inundação corresponde ao processo de extravasamento da água do canal de drenagem para as planícies de inundação e isso ocorre quando a enchente ultrapassa o nível máximo da calha principal do rio. Já a enchente ocorre devido ao aumento de vazão ou descarga, o que provoca o aumento temporário do nível d'água em um canal de drenagem (IPT, 2007).

Existem outros processos que envolvem o extravasamento de água, tais como, alagamentos e enxurradas. O alagamento ocorre em decorrência da deficiência de sistemas de drenagem, o que promove o acúmulo momentâneo da água em determinada região. A enxurrada, por sua vez, é um tipo de escoamento superficial que apresenta elevada energia de transporte, impulsionada principalmente pela falta ou deficiência de sistemas de drenagem e inexistência de vegetação para o escoamento das águas transportadas (IPT, 2007).

3.3.1. Processos associados para inundações, enchentes e enxurradas

O mapeamento e avaliação do grau de probabilidade da ocorrência dos riscos associados a inundações, enchentes e enxurradas, foi classificado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. Essa classificação se deu por meio de graus de risco, no qual utiliza quatro critérios, os quais são expostos a diante, o que possibilita realizar o mapeamento do risco.

Desta forma, a Tabela (3) apresenta a determinação do grau de risco, com a respectiva classificação para inundações, enchentes e enxurradas, sendo que o risco baixo – R1 está representado na cor verde; o risco médio – R2 está demonstrado na cor amarelo; o risco alto – R3 está expresso na cor laranja; e o risco muito alto – R4 está mostrado na cor vermelha.

Tabela 3 – Classificação do grau de risco para inundações, enchentes e enxurradas (CPRM, 2015).

| Grau | Classificação | Descrição |
|------|---------------|--|
| R1 | Baixo | Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com baixo potencial de causar danos e baixa frequência de ocorrência (não registro de ocorrência significativa nos últimos 5 anos). |
| R2 | Médio | Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com médio potencial de causar danos, média frequência de ocorrência (registro de 1 ocorrência significativa nos últimos 5 anos). |
| R3 | Alto | Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com alto potencial de causar danos, média frequência de ocorrência (registro de 1 ocorrência significativa nos últimos 5 anos) e envolvendo moradias de alta vulnerabilidade. |
| R4 | Muito Alto | Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com alto potencial de causar danos, principalmente sociais, alta frequência de ocorrência (pelo menos 3 eventos significativos em 5 anos) e envolvendo moradias de alta vulnerabilidade. |

3.4. Elementos geométricos básicos do talude

No mapeamento de áreas de risco um dos itens a serem avaliados são os taludes, que são classificados em naturais, de corte ou aterro.

Os taludes naturais são oriundos de agentes naturais e são caracterizados por encostas de maciços terrosos, rochosos ou mistos, de solo e/ou rocha, de superfície não horizontal (IPT, 2007) Exemplicação de talude natural apresentado na Figura (5).

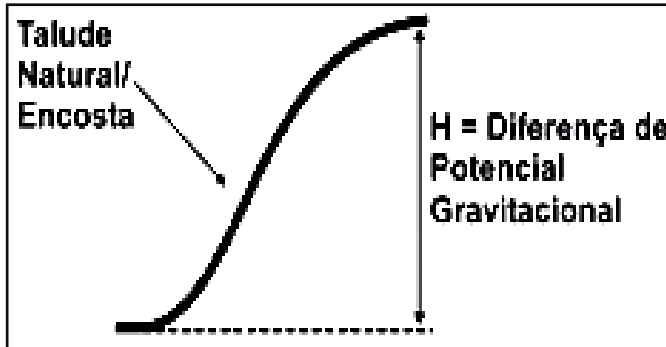


Figura 5 – Talude Natural (IPT, 2007)

O talude de corte também conhecido como talude artificial é o resultado de processos de escavação de encostas para retirada de material. O talude de aterro é também um talude artificial resultante da deposição de materiais; solo, rocha, rejeitos industriais ou de mineração. Ambos os taludes estão representados na Figura (6).

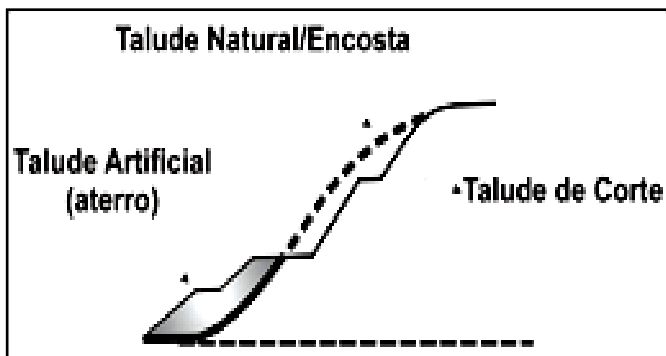


Figura 6 – Perfil de encosta com taludes de corte e aterro (IPT, 2007).

Os principais elementos a serem verificados nos taludes são a inclinação e declividade. Para tanto, Carvalho, Macedo e Ogura (2007), apresentam:

- **Inclinação:** traduz o ângulo médio da encosta com o eixo horizontal medido, geralmente, a partir de sua base. Sendo a Figura (7) exemplifica a base (L) X altura (H).

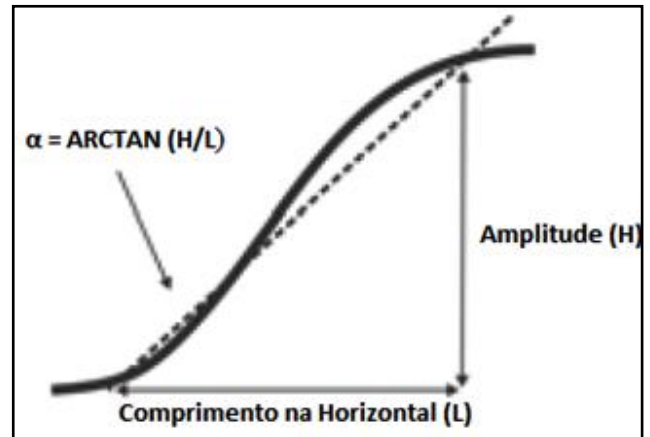


Figura 7 – Cálculo da inclinação de uma encosta (Carvalho, 2007).

- **Declividade:** representa o ângulo de inclinação em uma relação percentual entre o desnível vertical (H) e o comprimento na horizontal (L) da encosta.

A Figura (8) a seguir, exemplifica o comprimento (L) X amplitude (H).

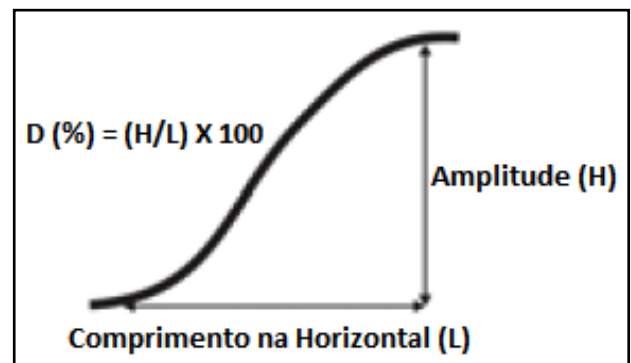


Figura 8 – Cálculo da declividade (IPT, 2007).

A Tabela (4) apresenta uma simulação da relação, entre os valores de declividade e inclinação, destacando-se o valor de inclinação (ângulo de 45°) que tem a declividade de 100%.

Tabela 4 – Tabela de conversão entre os valores de declividade e inclinação (IPT, 2007).

| DECLIVIDADE | INCLINAÇÃO |
|----------------------------|-------------------------------|
| $D(\%) = (H/L) \times 100$ | $\alpha = \text{ARCTAN}(H/L)$ |
| 100% | $\sim 45^\circ$ |
| 50% | $\sim 27^\circ$ |
| 30% | $\sim 17^\circ$ |
| 20% | $\sim 11^\circ$ |
| 12% | $\sim 7^\circ$ |
| 6% | $\sim 3^\circ$ |

4. Levantamento de dados

Foram delimitados 14 setores para o mapeamento de riscos, subdividindo em áreas de riscos associados aos movimentos de massa e a áreas de risco de enchentes e inundações. Dentre os pontos delimitados foram mapeados os setores 01, 02, 03, 07, 09, 12, 13 e 14.

A Tabela (5) apresenta os pontos mapeados na Figura (9) com as respectivas coordenadas geográficas, ou seja, do setor 01 - Barragem Aécio Cunha que está na área rural de Teófilo Otoni, ao setor 14 - Ponte de acesso a estação rodoviária de Teófilo Otoni, que está na área urbana (início da área central).

Tabela 5 – Setores levantados em campo para o presente estudo de mapeamento de risco.

| Setor | Coordenadas | Descrição |
|-------|-------------------------------------|---|
| 01 | 17°51'32.82"S e 41°34'19.40"W | Barragem Aécio Cunha – Teófilo Otoni |
| 02 | 17°51'37.82"S e 41°34'17.43"W | Bacia Dispersora |
| 03 | 17°52'10.52"S e 41°32'5.55"W | Início da área urbana – Av. Agnaldo Neiva |
| 04 | 17°52'19.13"S e 41°31'51.49"W | Estrada de Acesso a EAB - Av. Agnaldo Neiva |
| 05 | 17°52'9.59"S e 41°31'36.69"W | EEE – São José e Av. Agnaldo Neiva – J. das Acácias |
| 06 | 17°51'58.94"S e 41°31'27.46"W | Rua Maria Cigana, próximo ao nº190 - Palmeiras |
| 07 | 17°51'57.63"S e 41°31'18.52"W | Ponte da Rua Zilda Carvalho |
| 08 | 17°51'59.62"S e 41°31'7.68"W | Abaixo da ponte da Rua Zilda |
| 09 | 17°52'3.45"S e 41°31'1.16"W | Ponte na BR 116 |
| 10 | 17°51'58.78"S e 41°30'54.01"W | Ponte próximo ao Sesc |
| 11 | 17°51'57.17"S e 41°30'50.80"W | Rua Lateral ao Sesc |
| 12 | 17°52'0.26"S e 41°30'43.36"W | Ponte próxima ao Bar Fim Tarde |
| 13 | 17°52'2.90"S e 41°30'42.01"W | Av. Luiz Boali |
| 14 | 17°52'4.26"S e 41°30'41.67"W | Ponte de acesso à Rodoviária de Teófilo Otoni |

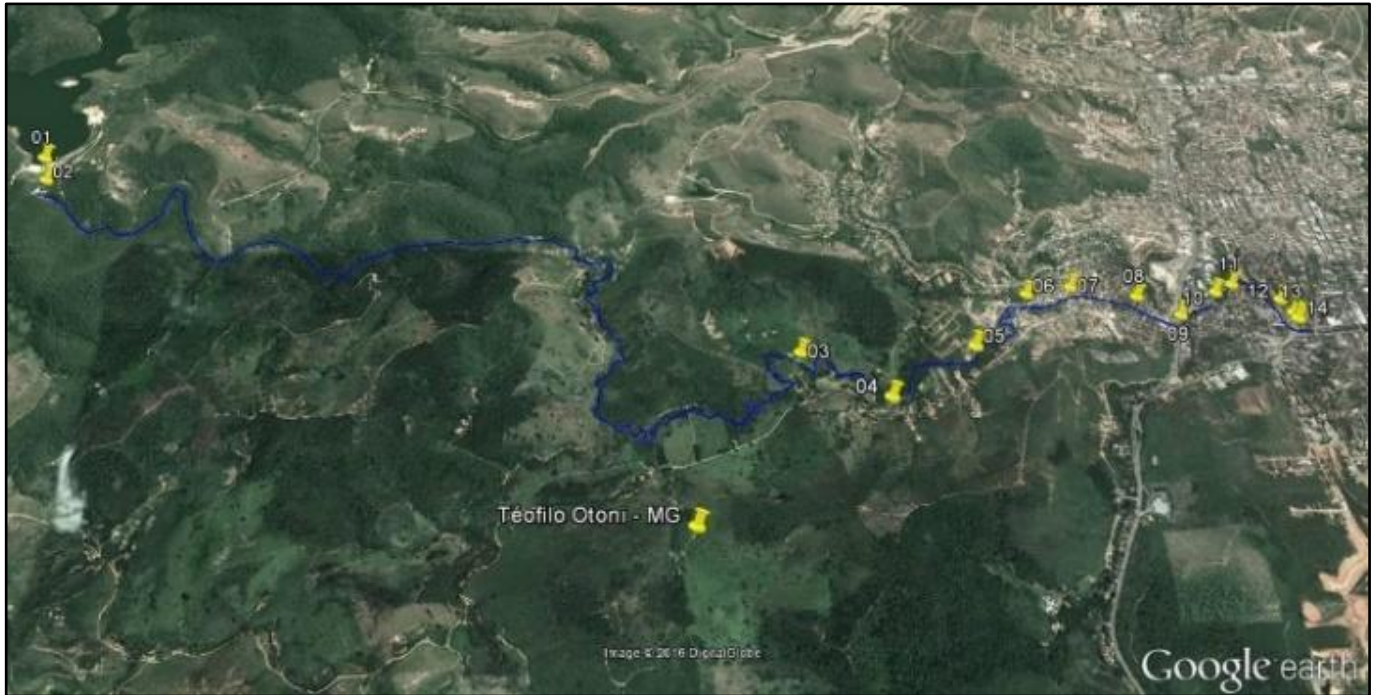


Figura 9 – Área de abrangência dos pontos intermediários do mapeamento (Imagem adaptada do Google Earth, 2016).

4.1. Áreas de Risco Associados aos Movimentos de Massa

Este subtópico se destina à análise dos mapeamentos das áreas de risco associado aos processos de movimentos de massa, quando comparado o ano de 2016 e 2021.

A partir das figuras que são apresentadas a seguir, a fim de observar e analisar as modificações com o transcorrer do tempo, salienta-se, novamente, que com relação ao grau de risco, esse se manteve exatamente o mesmo para ambas as datas.

A seguir serão apresentados o estudo de Movimentos de Massa (01 a 04), isto é, de seis setores distintos.

As Figuras (10), (10A), (10B), (11), (11A) e (11B) correspondem aos setores 01 e 02.

A barragem Aécio Cunha e a bacia dispersora (respectivamente) apresentam coordenadas geográficas $17^{\circ}51'32.82''S$ e $41^{\circ}34'19.40''W$; $17^{\circ}51'37.82''S$ e $41^{\circ}34'17.43''W$ nos anos de 2006 e 2021, respectivamente.

Este setor de risco está situado em área rural de Teófilo Otoni, com talude com o ângulo de inclinação de aproximadamente de 45° , conforme registro nas Figuras (10), (10A), (10B), (11), (11A) e (11B).

A região dispersora tem a finalidade de regularizar a vazão média de água que sai da barragem.

Sua função ajuda a deixar o rio sempre perene fazendo com que os agricultores ao longo do rio possam ter água em abundância para o cultivo de frutas, legumes hortaliças e verduras através da irrigação manual ou mecânica.



Figura 10 – Barragem Aécio Cunha e Bacia Dispersora (Imagem adaptada do Google Earth, 2016).



Figura 10A – Barragem Aécio Cunha (2016).




Figura 10B – Barragem Aécio Cunha - Bacia Dispersora (2016).


Delimitação do setor risco


Ponto de Referência de (Coordenadas)


Identificação da imagem na projeção no Google Earth - 2016.


Sentido da drenagem



Rio Todos os Santos



Figura 11 – Barragem Aécio Cunha e Bacia Dispersora (Imagem adaptada do Google Earth, 2021).



Figura 11A – Barragem Aécio Cunha (2021).





Figura 11B – Barragem Aécio Cunha - Bacia Dispersora (2021).

 Delimitação do setor risco

 Ponto de Referência de (Coordenadas)

 Identificação da imagem na projeção no Google Earth - 2021.

 Sentido da drenagem

 Rio Todos os Santos

O movimento de massa 02 será apresentado a partir do setor 07, ponte da Rua Zilda Carvalho – Palmeiras, coordenadas geográficas 17°51'57.63"S e 41°31'18.52"W conforme exposto nas Figuras (12) e (13).

Este setor de risco está situado em área urbana periférica de Teófilo Otoni, com área de ocupação

irregular na margem esquerda do rio Todos os Santos, distante, aproximadamente, 4 metros do leito do rio, de acordo com a Figura (12), (12A), (12B), (13), (13A) e (13B) para os anos 2016 e 2021.

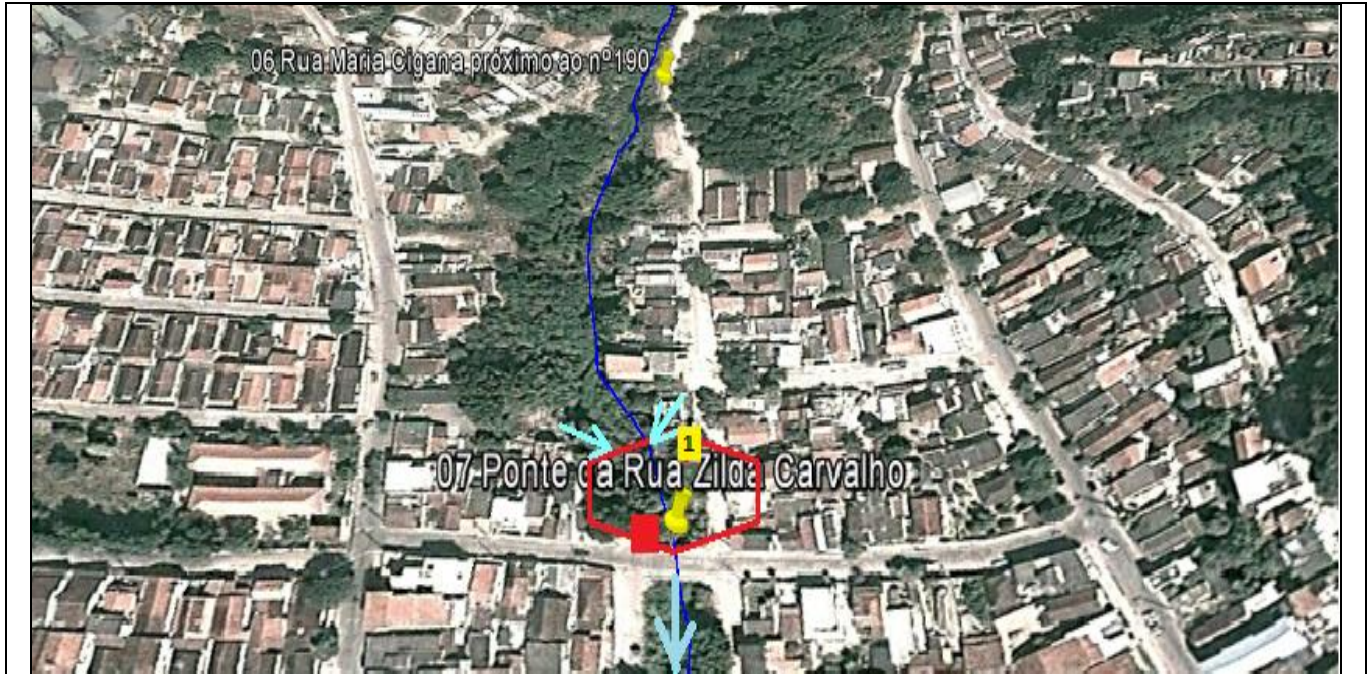


Figura 12 - Setor 07 – Ponte da Rua Zilda Carvalho (Imagem adaptada do Google Earth, 2016).





Figura 12A – Ponte da rua Zilda Carvalho (2016).



Figura 12B – Imóvel às margens do rio (2016).


 Delimitação do setor risco

 Ponto de Referência de (Coordenadas)


 Sentido da drenagem

 Rio Todos os Santos

Identificação da imagem na projeção no Google Earth - 2016.

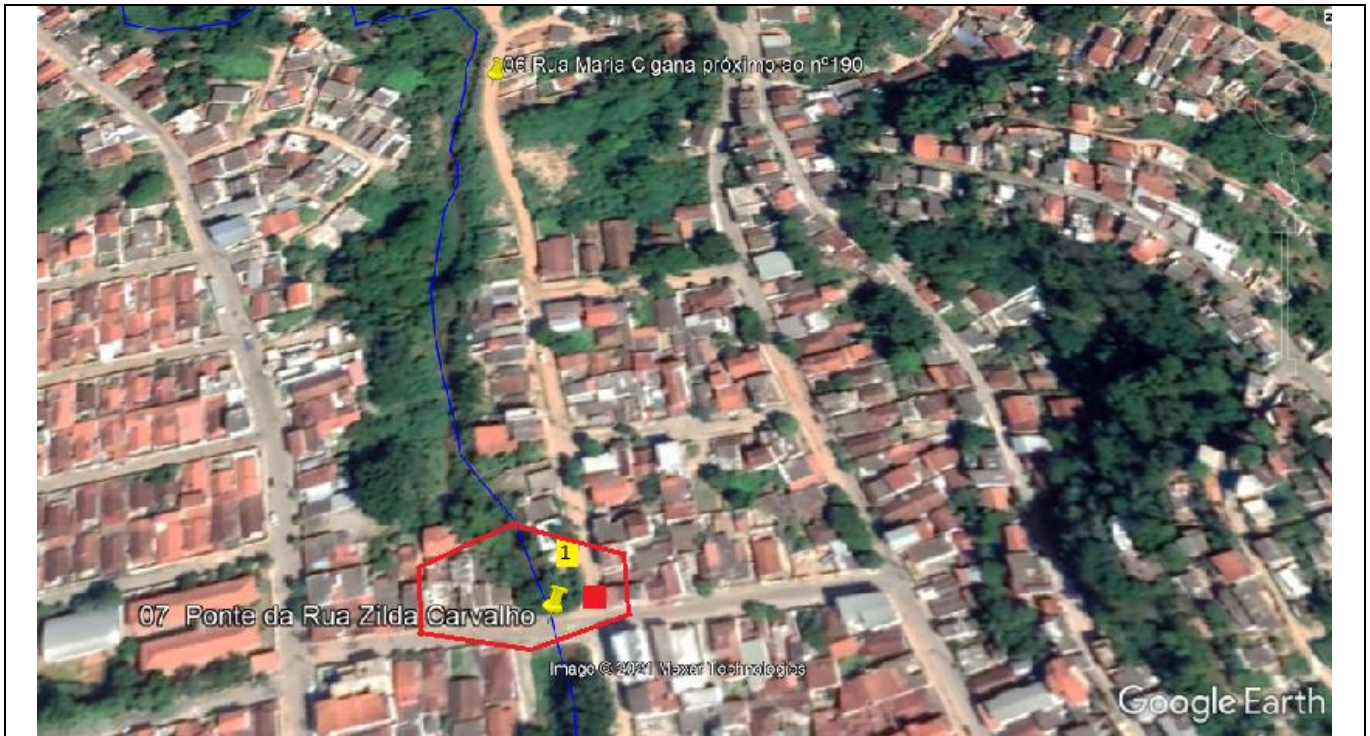


Figura 13 – Setor 07 – Ponte da Rua Zilda (Imagem adaptada do Google Earth, 2021).



Figura 13A – Ponte da rua Zilda Carvalho (2021).





Figura 13B – Imóvel às margens do rio (2021).


Delimitação do setor risco


Ponto de Referência de (Coordenadas)


Identificação da imagem na projeção no Google Earth - 2021.


Sentido da drenagem


Rio Todos os Santos

O movimento de massa 03 será apresentado a partir do setor 09 ponte na BR 116, coordenadas geográficas 17°52'3.45"S e 41°31'1.16"W e está situado na área urbana de Teófilo Otoni - MG, com

grande fluxo de veículos e com construções sobre gabiões, conforme registro nas Figuras (14), (14A), (14B), (15), (15A) e (15B) para os anos de 2016 e 2021.



Figura 14 – Setor 09 – Ponte BR 116 (Imagem adaptada do Google Earth, 2016).




Figura 14A – Setor 09 – Ponte BR 116 (2016).

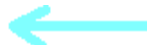



Figura 14B – Setor 09 – Ponte BR 116 (2016).


Delimitação do setor risco


Ponto de Referência de (Coordenadas)


Identificação da imagem na projeção no Google Earth - 2016.


Sentido da drenagem


Rio Todos os Santos

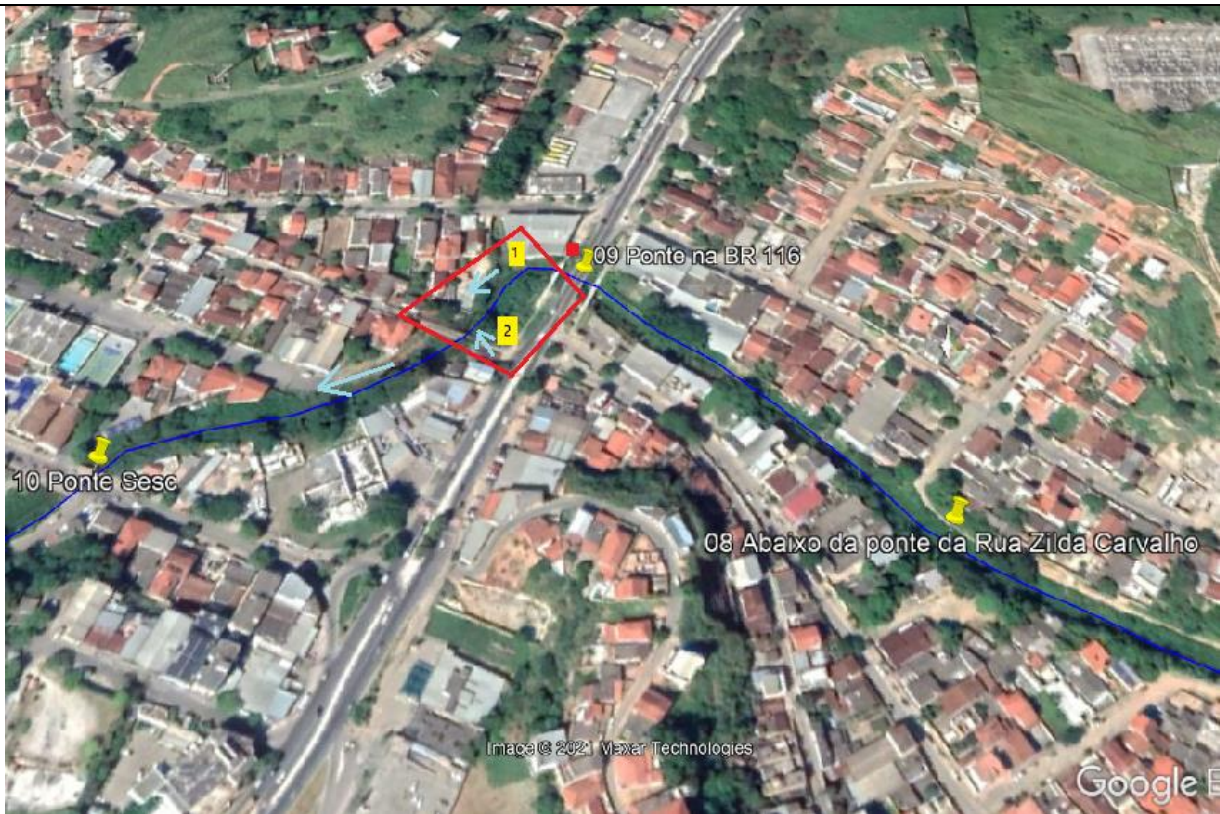


Figura 15 – Setor 09 – Ponte BR 116 (Imagem adaptada do Google Earth, 2021).



Figura 15A – Setor 09 – Ponte BR 116 (2021).





Figura 15B – Setor 09 – Ponte BR 116 (2021).


Delimitação do setor risco


Ponto de Referência de (Coordenadas)


Identificação da imagem na projeção no Google Earth - 2021.


Sentido da drenagem


Rio Todos os Santos

O movimento de massa 04 será apresentado a partir dos setores 13 e 14 ponte próximo à estação rodoviária e possui coordenadas geográficas 17°52'4.26"S e 41°30'41.67"W e

apresenta classificação de risco médio (R2). Este setor de risco está situado em área urbana - central de Teófilo Otoni - MG.



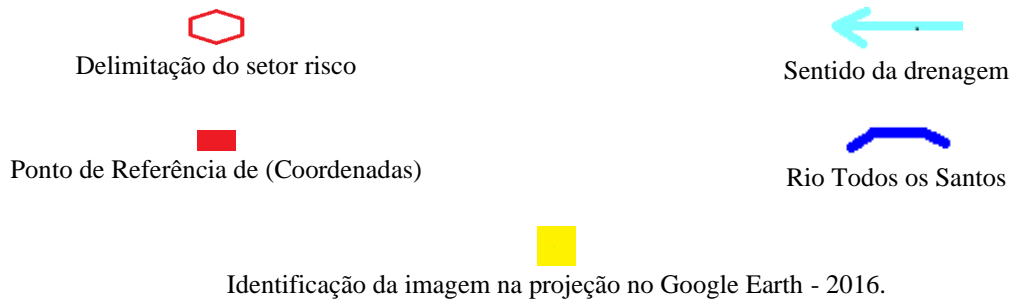
Figura 16 - Setores 13 e 14 – Ponte próximo à estação rodoviária (Imagem adaptada do Google Earth, 2016).



Figura 16A - Setores 13 e 14 – Ponte próximo à estação rodoviária (2016).



Figura 16B - Setores 13 e 14 – Ponte próximo à estação rodoviária (2016).



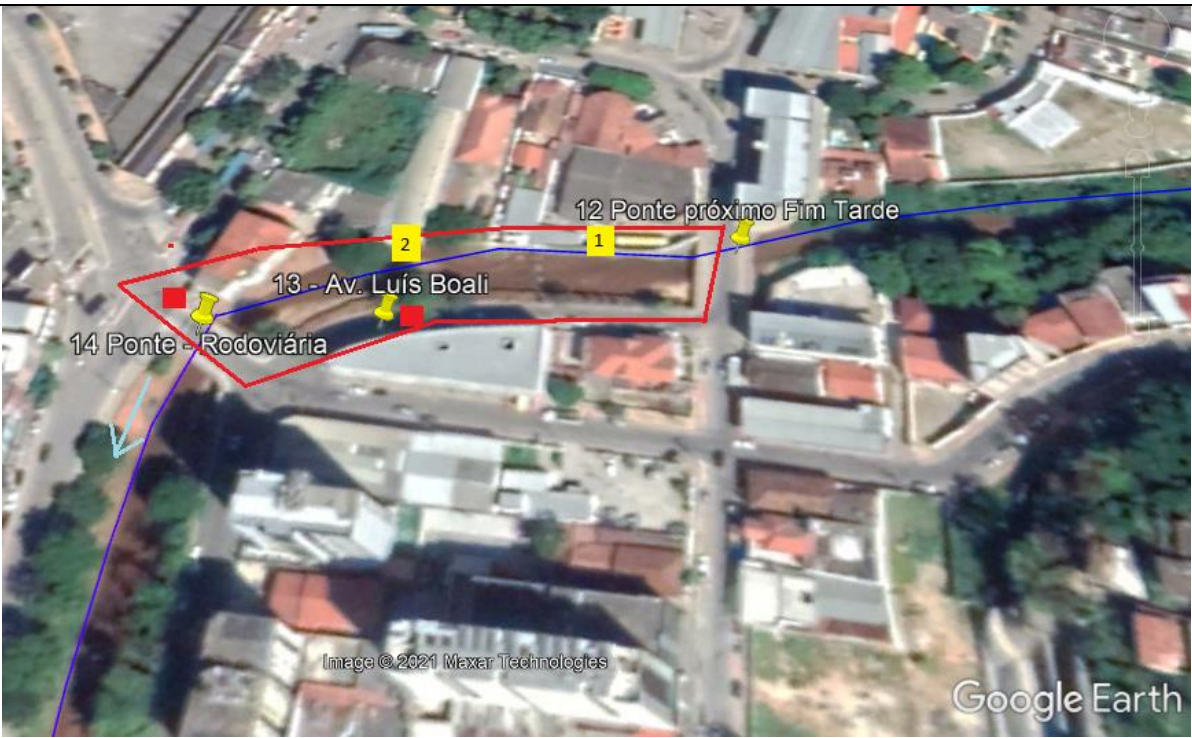


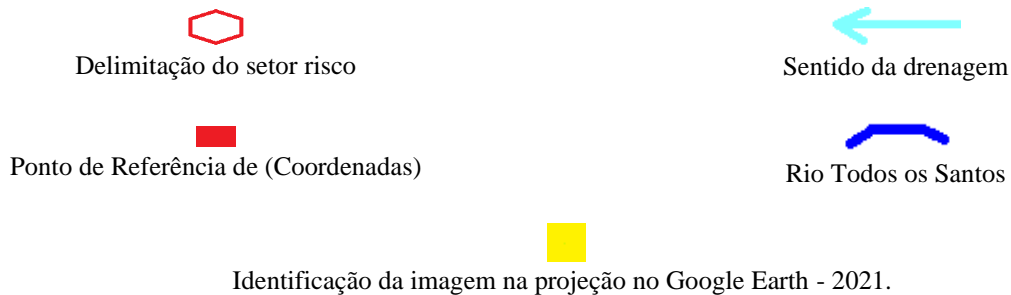
Figura 17 – Setores 13 e 14 – Ponte próximo à estação rodoviária (imagem adaptada do Google Earth, 2021).



Figura 17A – Setores 13 e 14 - Ponte próximo à estação rodoviária.



Figura 17B – Setores 13 e 14 - Ponte próximo à estação rodoviária.



4.2. Áreas de Risco de Enchentes e Inundações

Este subtópico se destina a análise dos mapeamentos das áreas de risco associados a

enchentes e inundações, sendo de extrema importância a análise para compreensão dos resultados. Ao comparar o ano de 2016 e 2021, a partir das Figuras (18), (18A), (18B) e (19), (19A),

e (19B), é possível observar e analisar as modificações com o transcorrer do tempo. Salienta-se, novamente, que o grau de risco se manteve o mesmo para ambas as datas.

A partir da construção da Barragem Aécio Cunha (concluída em 2011), que objetivou a acumulação de água para abastecimento da cidade de Teófilo Otoni, obteve o amortecimento para evitar enchentes e inundações, o que minimizou a ocorrência desses riscos. Desta forma, na área

estudada foram identificados vários pontos distintos que estão suscetíveis aos riscos de enchentes e inundações. Para tanto, neste trabalho será abordado apenas um local que houve inundações.

O setor – 03 - Início da Av. Agnaldo Neiva - com coordenadas geográficas 17°52'10.52"S e 41°32'5.55"W, está situado no início da área urbana periférica de Teófilo Otoni-MG, ou seja, o início da Avenida Agnaldo Neiva, representado na Figura (18) e (19).



Figura 18 – Setor 03 – Início Av. Agnaldo Neiva (Imagem adaptada do Google Earth, 2016).



Figura 18A – Setor 03 – Início Av. Agnaldo Neiva (2016).



Figura 18B – Setor 03 – Início Av. Agnaldo Neiva (2016).

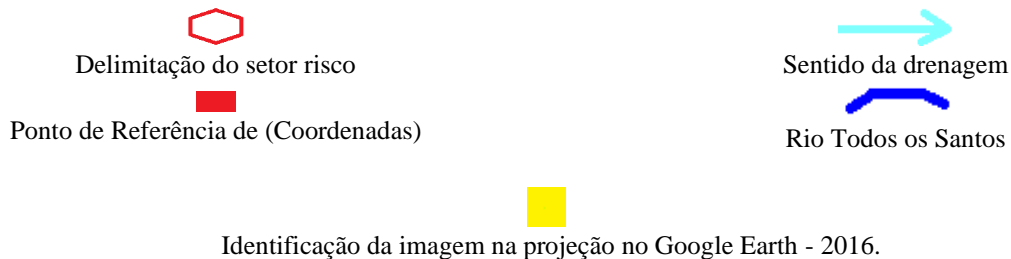




Figura 19 –Setor 03 – Início Av. Aginaldo Neiva (Imagem adaptada do Google Earth, 2021).



Figura 19A – Setor 03 – Início Av. Aginaldo Neiva (2021).





Figura 19B – Setor 03 – Início Av. Aginaldo Neiva (2021).


Delimitação do setor risco


Ponto de Referência de (Coordenadas)


Identificação da imagem na projeção no Google Earth - 2021.


Sentido da drenagem


Rio Todos os Santos

O setor 12 ponte Próximo ao Bar Fim de Tarde com coordenadas geográficas 17°52'0.26"S e 41°30'43.36"W está situado em área urbana - central de Teófilo Otoni-MG, com edificações construídas na área de reserva, isto é, ocupação irregular na margem direita do rio Todos os Santos,

de acordo os registros nas Figuras (20), (20A), (20B), (21), (21A) e (21B) em 2016 e 2021. Cabe salientar que o imóvel representado nas Figuras (20A) e (21A), poderá ser comprometido, pois, não há nenhum tipo de proteção dos pilares de sustentação.



Figura 20 – Setor 12 – Ponte Próximo ao Bar Fim de Tarde – Centro (Imagem adaptada do Google Earth, 2016).

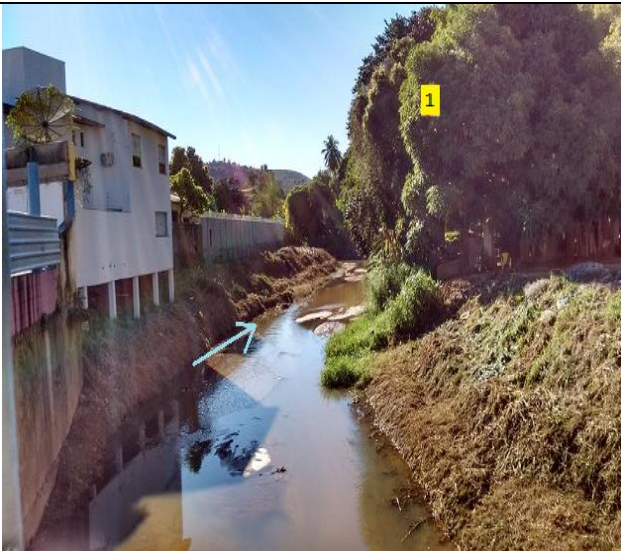
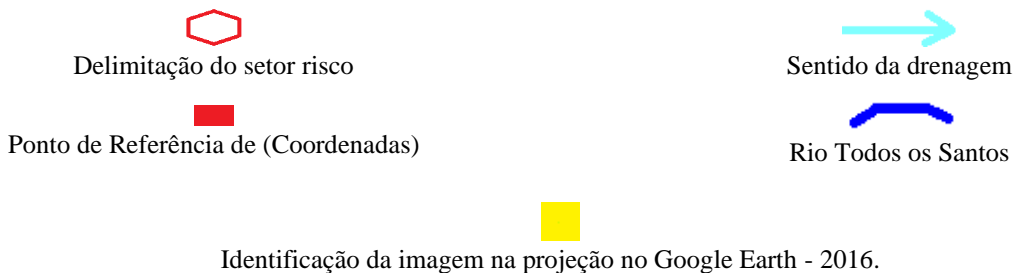


Figura 20A – Setor 12 – Ponte Próximo ao Bar Fim de Tarde – Centro (2016).



Figura 20B – Setor 12 – Ponte Próximo ao Bar Fim de Tarde – Centro (2016).



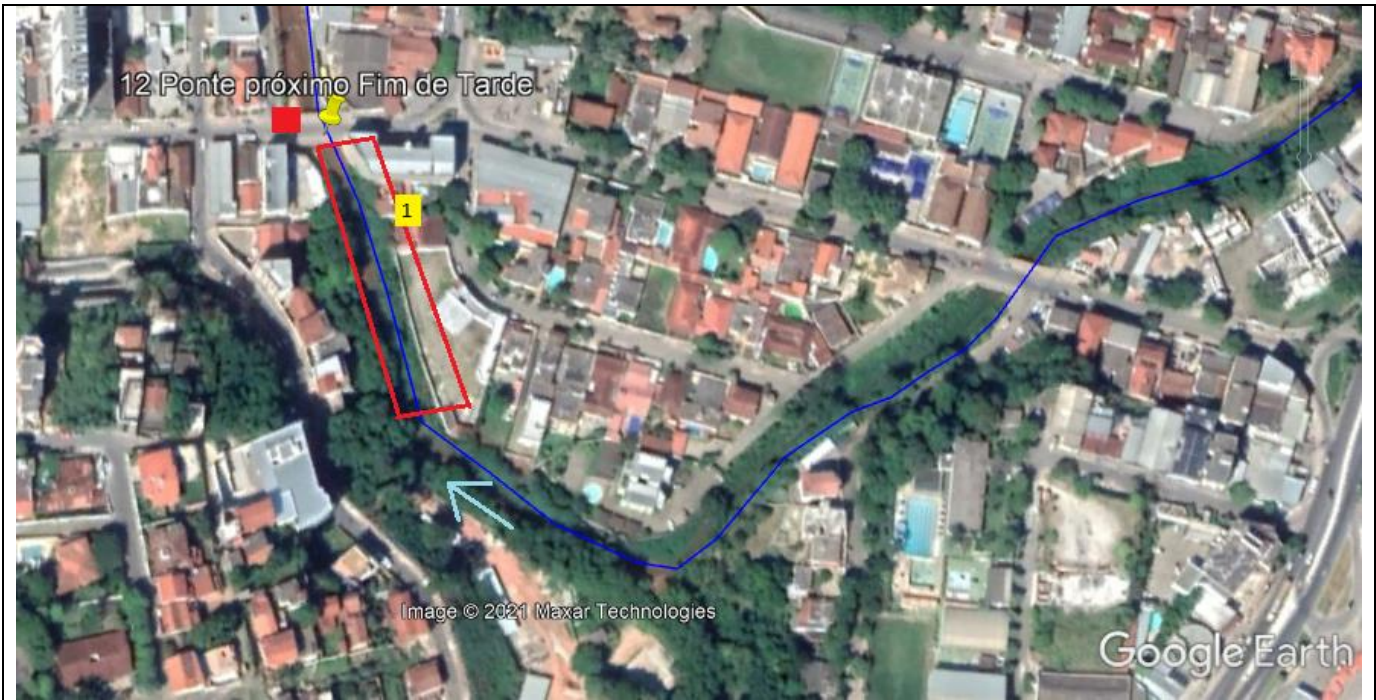


Figura 21 – Setor 12 – Ponte Próximo ao Bar Fim de Tarde – Centro (Imagem adaptada do Google Earth, 2021).



Figura 21A – Setor 12 – Ponte Próximo ao Bar Fim de Tarde – Centro (2021).




Figura 21B – Setor 12 – Ponte Próximo ao Bar Fim de Tarde – Centro (2021).


Delimitação do setor risco


Ponto de Referência de (Coordenadas)


Identificação da imagem na projeção no Google Earth – 2021.


Sentido da drenagem


Rio Todos os Santos

5. Resultados e discussões

O mapeamento das áreas de riscos foi efetivado por meio de pesquisas de campo, realizado em dois períodos distintos, sendo primeiro compreendido entre 01/06 a 18/06/2016, e, o segundo período de 20/02 a 27/03/2021, nas margens do Rio Todos os Santos, no trecho da Barragem Aécio Cunha à Estação Rodoviária na cidade de Teófilo Otoni - MG, sendo que a área estudada está demarcada nas Figura (9).

O estudo se configura em um comparativo dos setores em análise, que se refere ao ano de 2016 e ao ano de 2021, o que possibilita identificar a evolução ou modificação do risco conforme às condições a que essas áreas estão submetidas neste intervalo de tempo.

Dessa maneira, ao validar o estudo referente ao ano de 2021 e ao compará-lo com o ano de 2016, concluiu-se que a modificação com relação ao intervalo, de aproximadamente, cinco anos se deu devido a influência da vegetação. Essa, por sua vez, não promoveu mudanças significativas, em todos os setores, a ponto de evoluir o grau de risco das áreas, com relação ao agravamento desse.

A vegetação desses ambientes se caracteriza por ser de baixo porte, sendo em sua maioria gramas e capins, no qual não possui raízes longas e não promove a movimentação do solo, o que, caso contrário, poderia ocasionar em deslizamento de diversos graus, caso ocorra chuvas intensas.

De maneira geral, a vegetação facilita o processo de infiltração no solo, o que impede o contato direto da água com esse, o que minimiza possíveis consequências. Ainda, a vegetação reduz a ação erosiva das chuvas, contudo, em locais onde há residências ocorre a vulnerabilidade por conta da concentração da drenagem dos telhados (Bragança e Gomes, 2019).

5.1. Áreas de Risco Associados aos Movimentos de Massa

Este subtópico se destina ao resultado do mapeamento das áreas de risco associado aos processos de movimentos de massa, quando comparado o ano de 2016 com o de 2021.

Os setores 01 e 02 (Movimento de Massa) Barragem Aécio Cunha e Bacia Dispersora, respectivamente, possuem coordenadas geográficas 17°51'32.82"S e 41°34'19.40"W; 17°51'37.82"S e 41°34'17.43"W, estudados nos anos de 2016 e 2021 respectivamente, são classificados como áreas risco

baixo (R1), devido à falta de indícios do desenvolvimento de processos destrutivos nas encostas e margens de drenagens.

Na área dos setores 01 e 02 existe a construção de muro de gabiões, na base inferior dos taludes, a fim de promover a estabilização. Ainda, não há imóvel próximo, ou pessoas em risco, pois se trata de área de preservação ambiental, isto é, barragem de acumulação de água para abastecimento da cidade de Teófilo Otoni, e possibilitando amortecimento para evitar enchentes e inundações a jusante, caracterizando-se como uma área de risco R1.

É necessário que seja feito periodicamente a manutenção nas canaletas, para permitir a drenagem eficaz e evitar qualquer processo de erosão.

O setor 07 (Movimento de Massa) será situado na Ponte da Rua Zilda Carvalho, Bairro Palmeiras, coordenadas geográficas 17°51'57.63"S e 41°31'18.52"W. Como não houve intervenções antrópicas na área, o que consequentemente pode auxiliar na estabilidade desta. Este setor foi classificado como risco médio (R2), devido a presença de imóvel próximo ou pessoas na margem esquerda do rio, e devido a ausência de canaletas de drenagens, o que pode movimentar a massa de solo, promover enxurradas em dias de precipitação elevada, aumentar a erosão na encosta e agravar a possibilidade de deslizamentos, e consequentemente a movimentação do terreno próximo à residência.

O setor 09 (Movimento de Massa) localizado na Ponte na BR 116 com coordenadas geográficas 17°52'3.45"S e 41°31'1.16"W, corresponde a uma área de classificação de risco alto (R3), visto que há um grande fluxo de veículos, presença de imóveis construídos e construções sobre gabiões, ou pessoas às margens do rio.

Constata-se assoreamento na calha do Rio Todos os Santos, conforme Figura (14A) (2016), o que pode provocar enchentes e inundações, e valida a qualificação do risco R3.

Os setores 13 e 14 (Movimento de Massa) situados na Ponte próximos à Estação Rodoviária e possuem coordenadas geográficas 17°52'4.26"S e 41°30'41.67"W, sendo qualificado como risco médio (R2). Isso é proveniente da existência de edificações na área de reserva, ou seja, ocupação irregular na margem direita do rio Todos os Santos, que prevalece até a última análise da área, conforme apresentado nas Figuras (16), (16A), (16B), (17), (17A) e (17B).

Além disso, há imóveis construídos sobre gabiões e a falta de proteção, com estrutura de contenção, nas margens do rio, sendo verificado nas Figuras (16A), (16B), (17A) e (17B).

5.2. Áreas de Risco de Enchentes e Inundações

Este subtópico se destina a classificação das áreas de risco a partir dos mapeamentos associados a enchentes e inundações, Desta forma, foram identificadas:

- Setor 03 - Início da Av. Agnaldo Neiva - com coordenadas geográficas 17°52'10.52"S e 41°32'5.55"W, que apresenta classificação de risco baixo (R1);

- Setor 12 - Encontra-se na Ponte Próximo ao Bar Fim de Tarde, com coordenadas geográficas 17°52'0.26"S e 41°30'43.36"W. Esse setor foi classificado como risco alto (R3), devido à presença de imóveis ou pessoas na margem direita do Rio Todos os Santos. Além da possibilidade de ocorrer um volume de chuvas intensas e prolongadas a jusante da barragem, com volume que proporcione enchentes no referido rio.

Ao comparar o ano de 2016 e 2021, foi possível observar e analisar as modificações com o transcorrer do tempo. Destaca-se, que o grau de risco se manteve o mesmo para ambas as datas.

Salienta-se que os dois setores e as demais áreas do estudo realizado estão suscetíveis a ocorrência de enchentes e inundações, caso ocorra volume de chuva considerável a jusante da barragem.

Cabe ainda salientar que o imóvel apresentado nas Figuras (20A) e (21A) do setor 12 está sujeito a comprometimento devido à falta de proteção dos pilares de sustentação. Nesse sentido se faz relevante a construção de gabião para a proteção de imóveis, que foram construídos irregularmente, e para isso, deverá desenvolver projetos de engenharia, para a realização do gabião, objetivando que não estrangule do leito rio, minimizando o risco de inundações à margem esquerda desse, além de promover programas de conscientização dos moradores no sentido de evitar construções, intervenções inadequadas e ocupação em áreas de encostas.

5.3. Detalhamento dos Resultados

Ao longo deste trabalho foram selecionados e estudados 14 setores na área de abrangência da cidade de Teófilo Otoni - MG, e destes setores foram identificados e mapeados seis setores de áreas de risco com ocorrência de processos associados a movimentos de massa, sendo os setores: 01; 02; 07; 09; 13 e 14. E dois setores de áreas de risco de inundações e enchentes, que são o 03 e o 12 respectivamente.

A Tabela (6) apresenta a relação dos setores estudados, com os respectivos graus de probabilidade e classificação, e posteriormente a Figura (22) apresenta a localização de cada risco na área estudada da barragem Aécio Cunha a estação rodoviária.

Tabela 6 – Relação e apresentação dos resultados dos setores do estudo do Mapeamento Risco.

| Grau de Probabilidade | Classificação | Setores | Movimentos de massa | Enchentes e Inundações | Quantidade |
|-----------------------|-------------------|------------|---------------------|------------------------|------------|
| R1 | Baixo | Setor - 01 | X | | 03 |
| | | Setor - 02 | X | | |
| | | Setor - 03 | | X | |
| R2 | Médio | Setor - 07 | X | | 03 |
| | | Setor - 13 | X | | |
| | | Setor - 14 | X | | |
| R3 | Alto | Setor - 09 | X | | 02 |
| | | Setor - 12 | | X | |
| R4 | Muito Alto | Ausente | - | - | 00 |



Figura 22 – Mapeamento dos Tipos de Risco por Setor (Imagem adaptada do Google Earth, 2021).

Os dados demonstrados ao longo deste trabalho permitiram apresentar de forma satisfatória o mapeamento de risco de alguns setores de Teófilo Otoni - MG, a exposição de diversas oportunidades para contribuir com a qualidade de vida da sociedade local e regional, com o levantamento dos dados verificados em campo e contribuiu de forma significativa para os autores deste trabalho, no que diz respeito ao aperfeiçoamento dos conhecimentos sobre o mapeamento de áreas de risco.

6. Conclusões

O mapeamento de área de risco nas encostas do Rio Todos os Santos em Teófilo Otoni-MG, no trecho da barragem Aécio Cunha à estação rodoviária, atingiu os objetivos propostos, sendo: conhecer, identificar, analisar e mapear os riscos das encostas pesquisadas, por meio de escorregamentos, enchentes e inundações.

Os setores que apresentaram maior potencial de risco quando comparado aos demais, visto que sua classificação correspondeu a um risco alto (R3) foram os setores 09 para movimentação de massa e o 12 para enchentes.

Os setores com menor potencial de risco com classificação de risco baixo (R1) foram os setores 01 e 02 para movimentos de massa e setor 03 para enchentes e inundações.

Já os setores 07, 13 e 14 foram classificados como sendo de risco médio (R2) apenas para movimentos de massa.

Nota-se que em todos os setores se faz necessária a aplicação de algumas medidas para contenção do risco, a fim de sanar ou minimizá-lo.

Intervenções como construção de estruturas de contenção de encostas e canaletas de drenagens

de águas pluviais na margem esquerda do rio, considerando o volume de chuva no período de precipitação elevada são fundamentais para a contenção dos riscos.

Outra medida a ser trabalhada está relacionada a conscientização dos moradores no com o objetivo de evitar construções inadequadas e ocupação de áreas irregulares, além da criação de políticas de preservação e restrição de ocupação das áreas de margens e encosta, limitando-se a faixa de domínio da união.

É fundamental que o governo municipal, estatal e federal, ampliem os trabalhos de mapeamento de risco e minimização dessas áreas de risco, seja através de: treinamento de profissionais de entidades e o profissional liberal, para a realização do mapeamento de risco; projetos de educação ambiental, orientações para minimizar o risco e divulgações dos riscos provocados pelo homem; trabalhos sociais de conscientização; desenvolvimento e implementação de Plano Diretor nas cidades brasileiras e uma política de fiscalização.

Uma sugestão para dar continuidade a este trabalho é a realização de mapeamento de toda a cidade de Teófilo Otoni-MG, e a partir da elaboração do mapeamento sejam apresentadas as associações de bairros, a prefeitura, além de torná-lo disponível para todos os interessados.

Finalmente, é importante salientar, que o mapeamento de risco, verifica-se que o risco é eminente, porém, as ações para minimizá-lo deverão ser implantadas. Neste contexto, confirmam que para evitar as áreas de riscos, faz-se necessário a participação de toda a sociedade, empresas, governos, estudantes, educadores, entre outros. Desta forma, a pesquisa realizada

nos setores apresentados em Teófilo Otoni, evidencia o risco e para reduzi-lo, os atos propostos deverão ser instituídos.

Referências

- Augusto Filho, O., 1992. *Caracterização geológico-geotécnica voltada a estabilização de encostas: uma proposta metodológica*. Conferência Brasileira Sobre Estabilidade De Encostas, 1, Rio De Janeiro. Anais. Rio De Janeiro: Abms/Abge. pp. 721-733.
- Alleoti, P. e Chowdhury, R., 1999. *Landslide Hazard Assessment: Summary Review and New Perspectives*. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 58, pp.21-44. <https://doi.org/10.1007/s100640050066>.
- Brito, M.M., 2014. *Geoprocessamento aplicado ao mapeamento da suscetibilidade a escorregamentos no município de Porto Alegre, RS*. Mestrado. Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Chiossi, N.J., 2013. *Geologia Aplicada à Engenharia*. 3ed. São Paulo: Oficina de Textos.
- Côrrea, LRS., 2016. *Diagnóstico da Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri*. Mestrado. Tecnologia, Ambiente e Sociedade. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. [online] Disponível em: <http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/bitstream/1/1606/1/luis_ricardo_souza_correa.pdf> [Acessado 25 Abril 2021].
- Costa, A.S.V., Silva, A.J.M. e Colares, R.S., 2019. *Barragem do Rio Todos os Santos no Vale do Mucuri/MG: Análise de Rompimento para Teófilo Otoni*. Holos Environment, 19(4), pp. 528-542. <https://doi.org/10.14295/holos.v19i4.12344>
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 1996. *Carta Geológica. Folha SE. 24-V-C-IV- Teófilo Otoni*. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, CPRM.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2012. *Setorização de Riscos Geológicos*. MG, Teófilo Otoni.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2018. *Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa*. RJ, Rio de Janeiro.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2015. *Ação Emergencial para Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Enchentes, Inundações e Movimentos de Massa*. MG, Formiga.
- Euclides, H.P., Ferreira, P.A., Filho, R.F.F. e Oliveira, E.P., 2011. *Atualização dos estudos hidrológicos nas regiões hidrográficas das Bacias do Leste*. Atlas Digital das Águas de Minas. 3 ed.
- Ferraz, C.M.L., Valadão, R.C. e Henrique, R.J., 2016. Geomorfologia do espaço urbano de Teófilo Otoni (MG): contribuições ao ordenamento territorial. In: *XI SINAGEO. Geomorfologia: Compartimentação de paisagem, processo e dinâmica*. Maringá – PR.
- Gomes, A.J.L., Silva, J.M.P., Gomes, J.L.S. e Gomes, P.S., 2012. *Gradiente Geotérmico do Município de Teófilo Otoni no Vale do Mucuri*. Revista de Ciência e Tecnologia do Vale do Mucuri, 4, pp. 1-14.
- Gomes, A.J.L., Cardozo, T.G. e Mourão, A.O., 2013. Análise das áreas de risco geológicos e ambientais nos bairros Cidade Alta e Altino Barbosa em Teófilo Otoni. In: *Anais congresso nacional de meio ambiente de Poços de Caldas*, 5.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2018. *População estimada: Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente*. Rio de Janeiro.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019. *Área da unidade territorial: Área territorial brasileira*. Rio de Janeiro.
- IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2016. *Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do Rio Mucuri – MUI*. Disponível em: <<https://1.bp.blogspot.com/-uT3ljIPRqC0/XcTYaUVrx2I/AAAAAAAAADA9A/NO6v9hhcXcMOOWWsiJ2-xfvr2czP8Q3NACLcBGAsYHQ/s1600/Bacia%2BHidrogr%25C3%25>>

A1fica%2Bdo%2BRio%2BMucuri.png>
[Acessado 28 Agosto 2021].

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 2007. *Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios*. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT.

Michel, G.P., 2015. *Estimativa da Profundidade do Solo e Seu Efeito na Modelagem de Escorregamentos*. Doutorado. Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Press, F., Grotzinger, J., Siever, R. e Jordan, T. H., 2006. *Para Entender a Terra*. 4 ed. Porto Alegre: Bookman.

Ramos, J.O. e Gomes, A.J.L., 2016. *Estratégias para Prevenção de Riscos Ambientais e Geológicos nos Espaços Urbanos da Cidade de Teófilo Otoni*. Revista Vozes dos Vales, 09(05), pp.02-08.

Silveira, C.T., Fiori, A.P., Ferreira, A.M., Góis, J.R., Mio, G., Silveira, R.M.P., Massulini, N.E.B. e Leonardi, T.M.H., 2013. *Emprego de atributos topográficos no mapeamento da susceptibilidade a processos geoambientais na bacia do rio Jacaré, Paraná*. Revista Sociedade & Natureza, 25(3), pp. 623-639.
<https://doi.org/10.1590/S1982-45132013000300014>

Tominaga, L.K., Santoro, J. e Amaral, R. eds., 2015. *Desastres Naturais: Conhecer para Prevenir*. 1 ed. São Paulo: Instituto Geológico, pp. 1-160.

UNISDR – United Nations International Strategy for Disaster Reduction, 2009. *Terminology on Disaster Risk Reduction*. Geneva: UNISDR. Disponível em: <https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf> [Acessado 28 July 2021].