



MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA: ESTUDO DE CASO EM TERESINA, PIAUÍ

*GRAVITATIONAL MASS MOVEMENTS: CASE STUDY IN THE CITY
OF TERESINA, PIAUÍ*

Gabriel Cunha Linhares Fagundes¹, Cláudia Maria Sabóia de Aquino² e Maurício Antonio de Sousa³

¹ Universidade Federal do Piauí, Departamento de Geografia, Rua Crerlub, 4527 – Bairro Satélite, Teresina, Pi. Brasil. gabrielclf1598@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1436-2320>

² Universidade Federal do Piauí, Departamento de Geografia, Campos Universitário Ministro Petrônio Portella – Bairro Ininga, Teresina, Pi. Brasil. cmsaboia@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3350-7452>

³ Universidade Federal do Piauí, Departamento de Geografia, Rua Nossa Senhora de Fátima, 4150 – Bairro Socopo, Teresina, Pi, Brasil. mauricio07199@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0172-2577>

Recebido: 09/07/2022; Aceito: 03/01/2022; Publicado: 04/01/2023

RESUMO

Os movimentos gravitacionais de massa estão associados a desastres e prejuízos que assolam diversas cidades brasileiras, diante desta problemática, a presente pesquisa apresenta como objetivo a realização de um estudo inicial acerca dos movimentos gravitacionais de massa na cidade de Teresina/Pi. A pesquisa adotou como procedimentos metodológicos a confecção e análise de mapas, realização de pesquisas bibliográficas e trabalhos de campo. A pesquisa apoiou-se na proposta de classificação para movimentos gravitacionais de massa de Augusto Filho (1992); no manual de mapeamento de perigo e risco a movimentos gravitacionais de massa do Serviço Geológico do Brasil - CPRM (2018) e, no manual de deslizamento do Serviço Geológico dos Estados Unidos – USGS (2008). Os resultados apontaram a identificação e análise de processos de queda de detritos em taludes de corte, deslizamento, rastejo e fluxo de detritos com formação de coluviões. A pesquisa constata que tais processos estiveram relacionados a prejuízos urbanos e riscos de desabamentos.

Palavras-chave: Movimentos gravitacionais de massa. Risco geológico. Processos do tecnógeno.

ABSTRACT

The gravitational mass movements are associated with disasters and damages that devastate several Brazilian cities, given this problem, the present research aims to carry out an initial study on the gravitational mass movements in the city of Teresina/Pi. The research adopted as methodological procedures the making and analysis of maps, carrying out bibliographic research and fieldwork. The research was based on Augusto Filho's (1992) classification proposal for gravitational mass movements; in the manual for mapping hazard and risk to gravitational mass movements of the Geological Survey of Brazil - CPRM (2018) and in the landslide manual of the United States Geological Survey - USGS (2008). The results pointed to the identification and analysis of debris fall processes on slopes of cut, slip, creep and debris flow with formation of colluvium. The research finds that such processes were related to urban damage and the risk of landslides.

Keywords: Gravitational mass movements. Geologic hazards. Technogene processes.

1. Introdução

Os movimentos de massa caracterizam-se como movimentação “do solo, rocha e/ou vegetação ao longo da vertente, sob a ação direta da gravidade.” Nesses processos a contribuição de outros meios como água ou gelo, se protagoniza através da “redução da resistência dos materiais de vertente e/ou pela indução do comportamento plástico ou fluido dos solos” (TOMINAGA; SANTORO e AMARAL, 2015a).

Na discussão sobre fenômenos relacionados aos movimentos gravitacionais de massa, a citar os desabamentos e deslizamentos por exemplo, um fator a se levar em consideração é que tais fenômenos podem ser oriundos de causas naturais, embora também suas manifestações possam ser induzidas ou influenciadas pela ação e técnica humana que conferem da época geológica atual denominada de Antropoceno.

Além disso, são processos que quando deflagrados podem gerar prejuízos ambientais e perdas de vidas. No Brasil, nos últimos anos tem sido recorrente as tragédias relacionadas aos movimentos gravitacionais de massa, neste sentido é importante considerar que estes fenômenos “contemplam processos comuns que podem ocorrer naturalmente ou induzidos pela ação humana, tais como deslizamentos, inundações, erosões e subsidências” (TOMINAGA; SANTORO e AMARAL, 2015a, p. 9).

Em locais com frequentes casos de deslizamento e queda de detritos, a textura do solo e granulometria dos materiais desabados, tornam-se importantes indicadores dos processos de movimentação de massa e de suas características comuns e básicas, por exemplo, permitindo identificar o tipo de processo, o tamanho comum dos blocos e o caminho percorrido pelo material movimentado, informações que auxiliam os moradores a identificar tais processos e seus decorrentes riscos, já que nem sempre há uma conscientização formal e devida sobre tais processos.

A partir deste cenário, se justifica a importância e relevância da realização de estudos direcionados a estes temas. O município de Teresina, em seu sítio

FAGUNDES, G. C. L.; AQUINO, C. M. S.; SOUSA, M. A

urbano, é uma cidade que do ponto de vista geomorfológico assenta-se em um relevo com poucas áreas de declividade acentuada, entretanto, em virtude dos impactos climáticos decorrentes dos meses chuvosos - principalmente sobre os solos - que se somam às ocupações em áreas inapropriadas e atividades antrópicas sobre o relevo, a deflagração de processos de movimentação gravitacional de massa não deixa de existir e de apresentar situações de impactos negativos e riscos socioambientais consideráveis.

Diante dessa problemática, a presente pesquisa apresenta como objetivo a realização de um estudo inicial dos processos de movimentos gravitacionais de massa no município de Teresina. Para isso, define-se como necessário primeiro uma análise conceitual destes processos, que terá como base principal a proposta de classificação de Augusto Filho (1992); o manual de mapeamento de perigo e risco a movimentos gravitacionais de massa do Serviço Geológico do Brasil - CPRM (2018) e o manual de deslizamento do Serviço Geológico dos Estados Unidos - USGS (2008). Ambos oferecem uma abordagem conceitual dos fenômenos mais comuns em território nacional e internacional. Além da revisão teórica, conceitual e documental, a pesquisa adotará como procedimentos metodológicos a realização de trabalhos de campo e de gabinete, com apoio de procedimentos de geoprocessamento na análise do território e confecção de mapas.

Nos processos de movimentação de massa, sejam eles nas formas de deslizamentos, quedas de detritos, rastejos, entre outros processos, a declividade do relevo comumente aparece como um dos elementos causadores. A delimitação da área de estudo considerou locais com declividade mais acentuada (ondulado e forte ondulado) conforme carta de declividade do município de Teresina, a saber, nos bairros Socopo, Satélite e Verde Lar.

A importância do estudo resulta da necessidade de análise destes processos, considerando a importância de registro e acompanhamento dos mesmos que em algumas situações são lentos e de deflagração progressiva podendo eventualmente gerar impactos e riscos. A carência de estudos desta natureza direcionados à cidade de Teresina justifica a pesquisa.

1.1. Movimentos gravitacionais de massa: classificação e características.

Segundo ressalta os autores Tominaga, Santoro e Amaral (2015a) e Gerscovich (2016), dentre as propostas de classificações dos tipos de movimentos de massa, a de Augusto Filho (1992) é uma das que apresenta maior destaque nas pesquisas geomorfológicas brasileiras. O quadro 1 a seguir apresenta uma classificação dos movimentos de massa adaptada de Augusto Filho (1992):

Quadro 1 – Classificação de movimentos de massa

Processo	Geometria, Material e Dinâmica
Rastejos	<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 alterada/fraturada
Quedas	<ul style="list-style-type: none"> • Sem planos de deslocamento • Movimentos tipo queda livre ou em plano inclinado • Velocidades muito altas (vários m/s) • Material Rochoso • Pequenos e médios volumes • Geometria variável: lascas, placas, blocos, etc. Rolamento de Matação Tombamento
Deslizamentos ou Escorregamentos	<ul style="list-style-type: none"> • Poucos planos de deslocamento (externos) • Velocidades médias (m/h) e altas (m/s) • Pequenos e grandes volumes de materiais • Geometria e materiais variáveis Planares ou translacionais: solos pouco espessos; solos e rochas com planos de fraqueza Rotacionais ou circulares: solos espessos, homogêneos e rochas muito fraturadas Em cunha: solos e rochas com dois planos de fraqueza
Fluxos de Detritos ou Corridas	<ul style="list-style-type: none"> • Muitas superfícies de deslizamento • Movimento semelhante ao de um líquido viscoso • Desenvolvimento ao longo das drenagens • Velocidades médias a altas • Mobilização de solo, rocha, detrito e água • Grandes volumes de material • Extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas

Fonte: Adaptado de Augusto Filho (1992).

Nessa classificação, o autor realiza uma descrição dos movimentos de massa oferecendo informações como: características, materiais, velocidade e geometria dos materiais constituintes. Essa classificação apresenta os tipos de movimentos mais comuns nas encostas do território brasileiro, vale destacar que

FAGUNDES, G. C. L.; AQUINO, C. M. S.; SOUSA, M. A

além destes, existem outros tipos de movimentos que ocorrem em menor frequência ao longo do planeta Terra. A seguir será realizada uma breve caracterização dos movimentos gravitacionais supracitados no quadro acima (Quadro 1).

Os rastejos são processos caracterizados como movimentos lentos e contínuos de material de encostas com limites indefinidos. É comum envolverem grandes volumes de solos, sem que necessariamente apresentem uma diferenciação visível entre o material em movimento e o material estacionário. As causas responsáveis pela movimentação dos rastejos consistem na “ação da gravidade, associada aos efeitos das variações de temperatura e umidade” (TOMINAGA; SANTORO e AMARAL, 2015a, p. 34).

A queda de blocos, segundo Yilmaz, Yindirim e Keskin (2008) consiste no movimento de massa no qual blocos desconexos de um maciço rochoso caem diante de um declive por queda livre, saltação ou rolamento. Trata-se de um movimento abrupto de material em encostas consideradas muito íngremes, a mobilidade rápida constitui-se como principal característica da queda de blocos.

Em geral, as quedas de blocos além de apresentarem movimentos rápidos, são movimentos de difíceis previsões pela diversidade de causas que levam à sua deflagração, podendo ter início a partir da influência de eventos climáticos (chuva, neve, etc.); biológicos como o crescimento de raízes; ou sísmicos, provocados a partir de detonações por exemplo (RIBEIRO, 2013; SILVEIRA, 2017).

De acordo com Tominaga (2015b), os deslizamentos ou escorregamentos como são denominados, caracterizam-se como movimentos rápidos com volumes definidos, ocorrem nas porções inclinadas dos terrenos, onde o deslocamento de material (solo, rocha e/ou material orgânico) acontece em direção descendente em função da gravidade. Dentre os tipos de movimentos de massa, os deslizamentos são os mais comuns no território brasileiro, principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste.

Com base em Guidicini e Nieble (1984) *apud* Tominaga, Santoro e Amaral (2015), um deslizamento ocorre quando a força gravitacional supera o atrito

FAGUNDES, G. C. L.; AQUINO, C. M. S.; SOUSA, M. A

interno existente entre as partículas, causando perda da estabilidade do material, ou, decréscimo da tensão de cisalhamento na superfície potencial de movimentação, até atingir o nível de deflagração do processo de deslizamento, com o material movimentando-se encosta abaixo.

Normalmente, a infiltração de água no maciço de solo provoca a diminuição ou perda total do atrito entre as partículas. Quando o solo atinge o estado de saturação com perda total do atrito entre as partículas, em processo conhecido como solifluxão, passa a se mobilizar encosta abaixo, formando os movimentos de escoamento do tipo corridas. (TOMINAGA; SANTORO e AMARAL, 2015a, p. 39).

No que se refere aos deslizamentos/escorregamentos e seus riscos e acidentes, é consenso entre pesquisadores que as situações e fatores de ordem geológica, geomorfológica, climática, hidrológica e até mesmo biológica, constituem-se como principais causadores desses processos. (HIGHLAND E BOBROWSKY, 2008; TOMINAGA, 2007; AUGUSTO FILHO, 2001).

Conforme Augusto Filho (1992) (Quadro 1), os escorregamentos (ou deslizamentos) podem se diferenciar em três tipos: planares ou translacionais, circulares ou rotacionais e em cunha.

Os escorregamentos planares (translacionais) (Figura 1) como são denominados nas literaturas, são um dos movimentos de maior ocorrência no Brasil, caracterizam-se pelo movimento do material (solo, rocha, ou solo e rocha) de maneira rápida ao longo de uma superfície relativamente plana, normalmente associada às heterogeneidades de materiais ou descontinuidades geológicas, como estratificações, ponto de contato entre solo e rocha, falhas, superfícies e junções. (GERSCOVICH, 2012; TOMINAGA, 2015b; HIGHLAND e BOBROWSKY, 2008).

Já os escorregamentos rotacionais (circulares) (Figura 1), conforme Highland e Bobrowsky (2008, p. 13), consistem em um “tipo de deslizamento em que a superfície da ruptura é curvada no sentido superior (em forma de colher)

FAGUNDES, G. C. L.; AQUINO, C. M. S.; SOUSA, M. A

e o movimento da queda de barreira é mais ou menos rotatório em torno de um eixo paralelo”, ocorre em maior frequência associado a materiais homogêneos sendo o tipo mais comum de escorregamento em áreas de aterro. De acordo com Tominaga (2015b), esse tipo de escorregamento é lento e de deflagração contínua e intermitente.

Os deslizamentos em cunha (Figura 1) ocorrem com menor frequência se comparado a outros tipos de deslizamentos, geralmente são movimentos restritos a regiões de relevo fortemente controlado por estruturas geológicas. São condicionados por estruturas planares de maciços rochosos, que contribuem para o deslocamento de material rochoso normalmente em formato de prisma. Esse material desliza sobre as estruturas planares numa direção de movimento ao longo da linha de intersecção. (INFANTI JUNIOR e FORSNARI FILHO, 1998; TOMINAGA, 2015b).

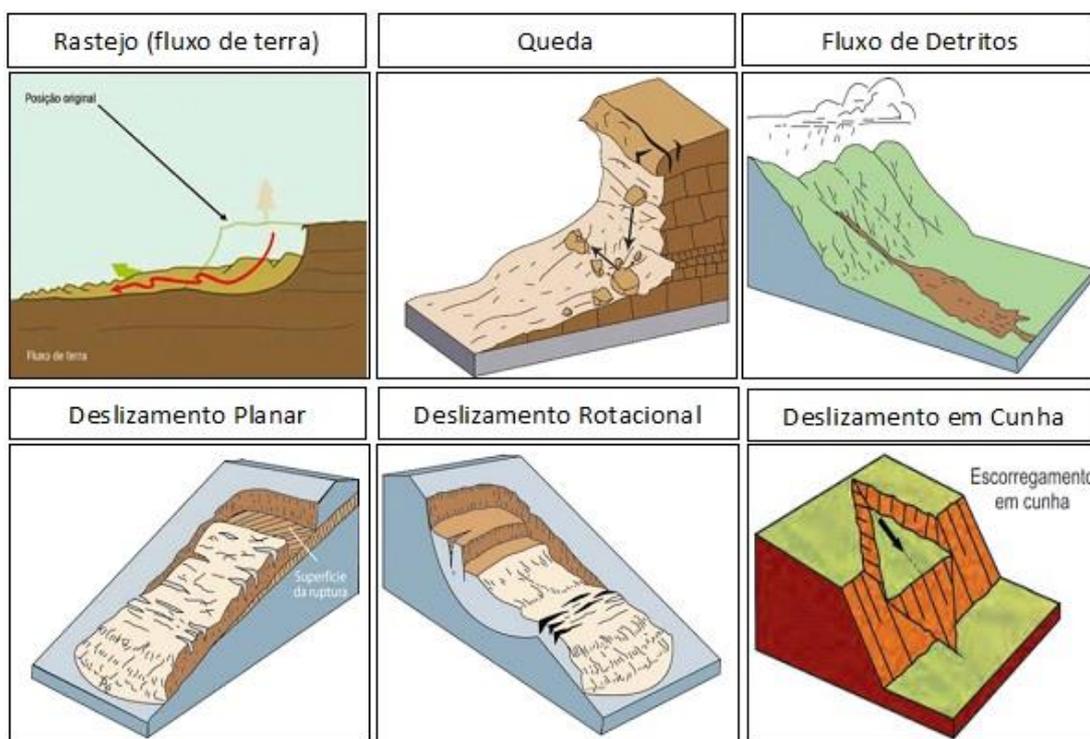


Figura 1 – Esquemas de movimentos gravitacionais de massa.

Fonte: Tominaga, Santoro e Amaral (2015); Highland e Bobrowsky (2008). Organizado pelos Autores (2022).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da Área de Estudo

Os locais em análise estão situados dentro do perímetro urbano da cidade de Teresina, mais especificamente em áreas de periferias populares afastadas das centralidades urbanas da cidade (Figura 2).

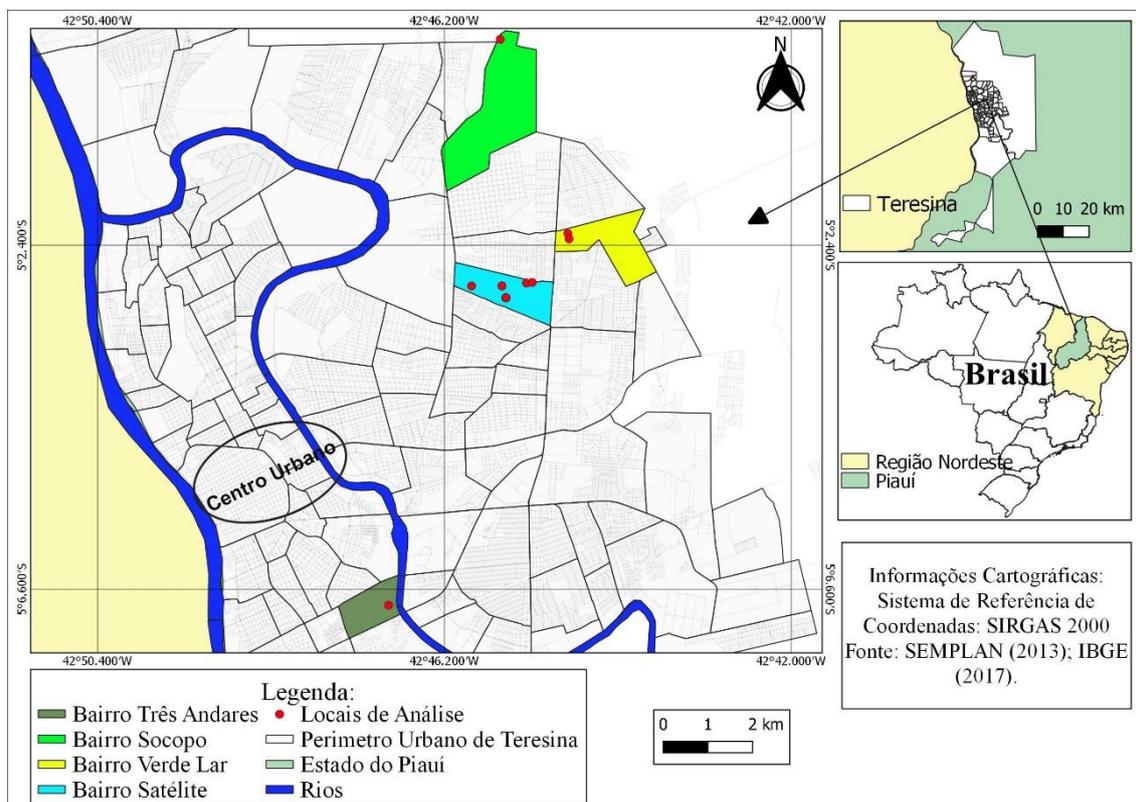


Figura 2- Mapa da área de estudo e locais de análise.

Fonte: Elaborado pelos Autores (2022).

O município de Teresina é capital do estado do Piauí, estando localizado na região nordeste do território brasileiro entre dois grandes rios regionais, o Rio Poti e o Rio Parnaíba, foi nesta condição de amenidades proporcionada pela localização entre rios que a cidade cresceu e se desenvolveu. Teresina apresenta um maior dinamismo em detrimento dos setores de comércio e de serviços e conforme o IBGE (2010), o município apresenta uma área de 1.391,293 km.

O Piauí está assentado na porção centro oriental da província geotectônica do Parnaíba, a qual teve seus sedimentos essencialmente depositados ao longo do Paleozoico, a bacia encontra-se dividida em três supersequências: Siluriana

FAGUNDES, G. C. L.; AQUINO, C. M. S.; SOUSA, M. A

(Grupo Serra Grande), Devoniana (Grupo Canindé) e Carbonífero-Triássico (Grupo Balsas).

O município de Teresina encontra-se emoldurado sobre a sequência estrutural do Grupo Balsas, compreendendo as seguintes unidades litoestratigráficas: Formação Piauí, Formação Pedra de Fogo e em pequena expressividade a Formação Corda e Depósitos Aluvionares Holocênicos, ambas as formações estão representadas na figura 3 a seguir.

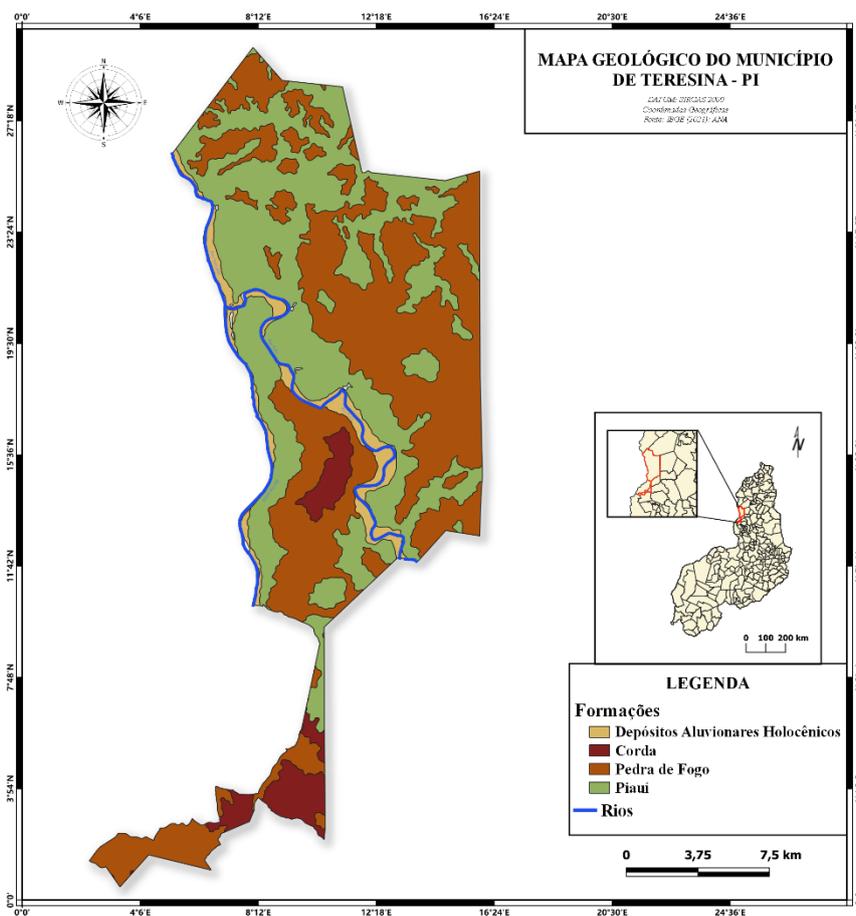


Figura 3 – Mapa geológico do município de Teresina - Pi
Fonte: Os Autores (2022).

A formação Piauí caracteriza-se por apresentar em sua porção superior uma sequência de folhelhos e argilitos, de cor avermelhada, localmente com calcários, seguida de uma seção inferior com predomínio de bancos espessos de arenitos finos a médios, homogêneos, pouco argilosos e de cor róseo-avermelhada. Seus macros e microfósseis permitem posicioná-la no Pensilvaniano (Vestfaliano/Estefaniano) (CPRM, 2010).

FAGUNDES, G. C. L.; AQUINO, C. M. S.; SOUSA, M. A

Já a formação Pedra de Fogo apresenta características litoestratigráficas que permitem posicioná-la no início do Permiano, apresentando arenitos inferiores eólicos e arenitos superiores litorâneos com ocorrência de folhelhos e arenitos depositados em planície de maré. Apresentando ainda, intercalações de calcário, silixitos e evaporitos (CPRM, 2010).

A formação Corda que aflora ao Sul de Teresina, foi depositada sob regime continental desértico e possui litoestratigrafia constituída de arenitos de cor avermelhada e arroxeadas, com porções argilosas, de granulação fina a média e intercalações de níveis de folhelhos e siltitos. No segmento estratigráfico esta formação está assentada sobre paleodepressões constituídas de rochas basálticas e de diabásios semipermeáveis (CPRM, 2010).

Os depósitos aluvionares holocênicos do quaternário compõem a aloestratigrafia das bacias do Rio Poti e Rio Parnaíba, nestas áreas os sedimentos depositados apresentam granulometria predominantemente arenosa, com abundância de minerais como quartzo e feldspato na superfície terrestre.

O relevo de Teresina possui característica de dissecação, a influência dos fatores exógenos sobre a estrutura geológica do município - composta predominantemente por rochas sedimentares - coincide com a existência de paisagens caracterizadas por declividades pouco expressivas (Figura 4). Grande parte do sítio urbano da cidade está assentado sobre áreas de relevo com declive plano (0-3%) ou suavemente ondulado (3-8%), possuindo apenas poucas porções do relevo com declividade considerada ondulada (8-20%) ou fortemente ondulada (20-45%) que se distribuem nas regiões leste, norte e sul da cidade.

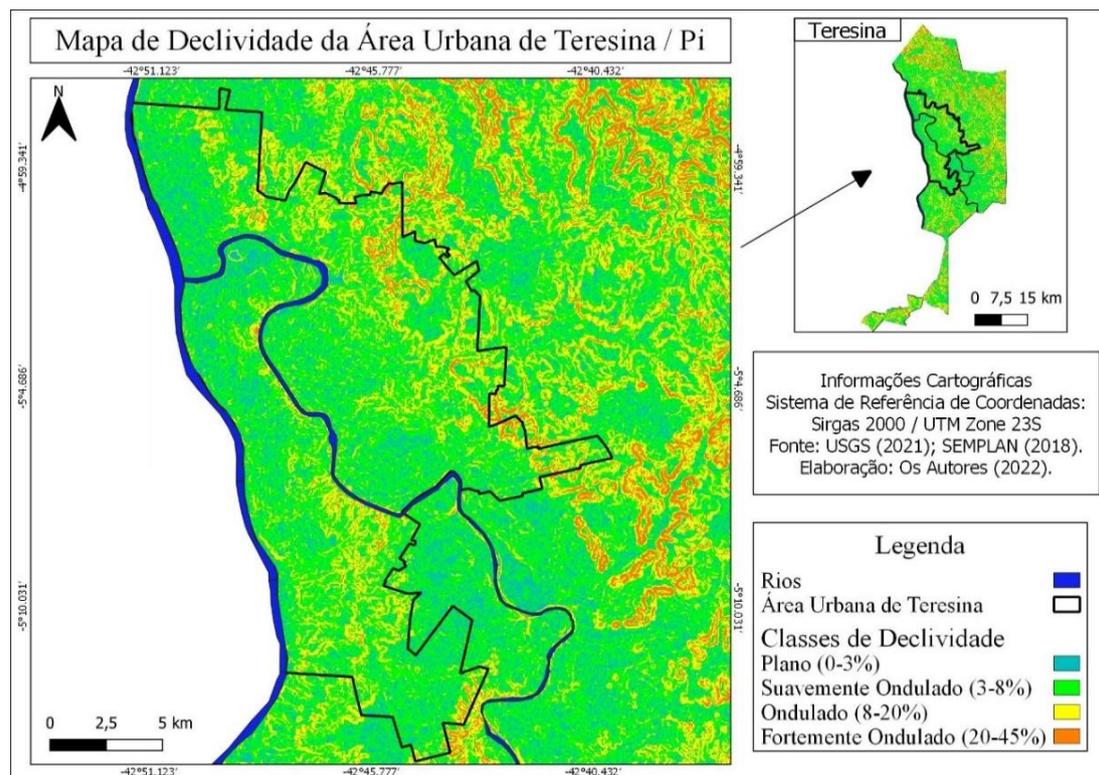


Figura 4 – Declividade de Teresina conforme classes de declividade da EMBRAPA (1979).
 Fonte: Os Autores (2022).

A morfogênese antrópica em virtude das atividades de construções urbanas, geram cortes de relevo ou taludes que podem ser considerados como pontos de declividade acentuada, superiores a 75%, estes taludes comumente geram processos progressivos de erosão e de movimentação de massa e podem ser caracterizados como feições antrópicas.

No que se refere à geomorfologia de Teresina, utilizando-se como base o mapeamento elaborado por Lima (2011), é possível inferir que o município apresenta três unidades de relevo principais (Figura 5), caracterizadas segundo a autora como segue:

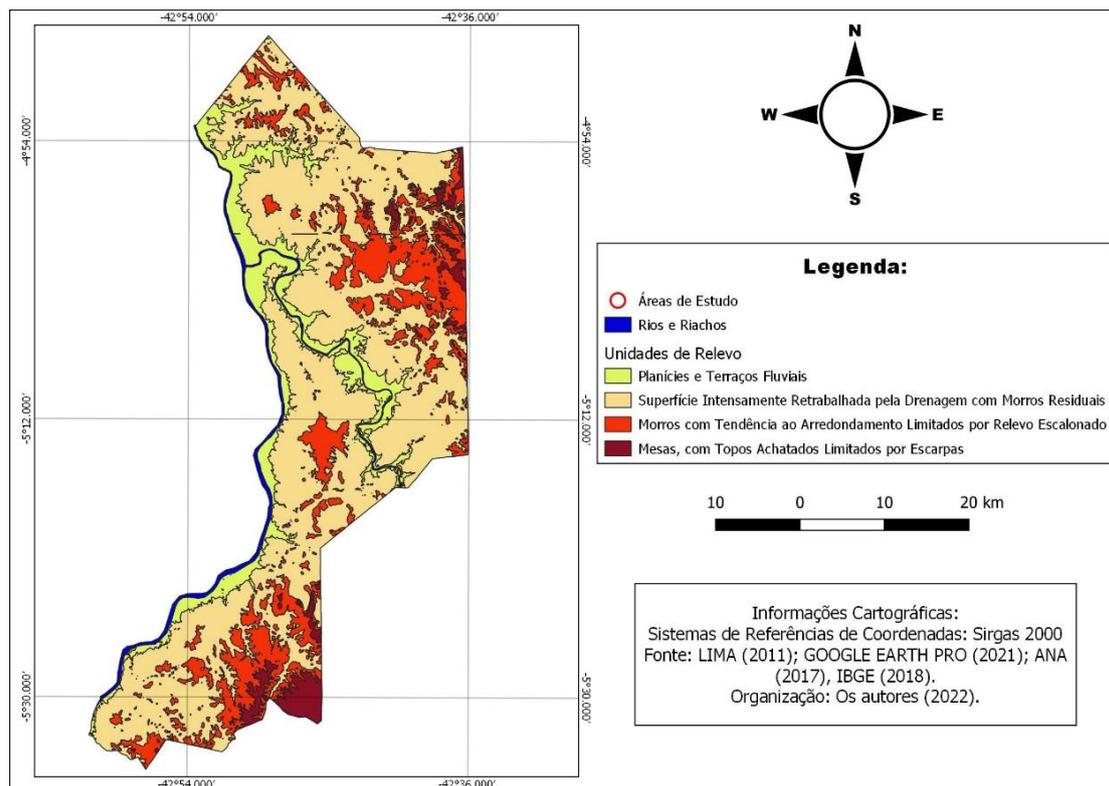


Figura 5 – Mapa de relevo do município de Teresina, Pi.

Fonte: Lima (2011), organizado pelos autores (2022).

1^a) Planícies e Terraços Fluviais (faixas de 50 a 70 m de altitude), esta unidade de relevo compreende feições de acumulação por processos fluviais com deposições sobre a formação Piauí. De acordo com Moraes (2004), na área de ocorrência desta unidade tem-se a predominância de Neossolos Flúvicos Eutróficos.

2^a) Superfícies Intensamente Retrabalhadas pela Drenagem com Morros Residuais (faixas de 70 a 100 metros de altitude), esta unidade corresponde a formas modeladas sob intensos processos erosivos, depositadas diretamente sobre a formação Pedra de Fogo. Segundo Moraes (2004), nesta unidade de relevo, há predominância de solos do tipo Latossolos e menor expressividade de Argissolos.

3^a) Superfície Residual Recortada por Vales Encaixados (subdividida em Morros com Tendência ao Arredondamento Limitados por Relevo Escalonado e em Mesas com Topos Achatados Limitados por Escarpas).

Os morros supracitados acima, compreendem a feições erosivas com topos definidos (faixa de 100 a 170 m de altitude). Conforme Moraes (2004), este relevo

FAGUNDES, G. C. L.; AQUINO, C. M. S.; SOUSA, M. A

é resultante do processo de desgaste da formação Pedra de Fogo, com ocorrência de Argissolos nas áreas mais inclinadas e Latossolos em áreas de relevo suave ondulado.

As Mesas com Topos Achatados Limitados por Escarpas (faixa de 170 a 250 m de altitude), correspondem a formas erosivas de topos mais elevados e encostas íngremes, remontam as poucas áreas de maiores altitudes do município de Teresina. De acordo com Moraes (2004), apresentam Latossolos Vermelho-Amarelo e associações de Argissolos Vermelho-Amarelo.

O clima da área de estudo é do tipo subúmido seco, no que se refere à pluviometria, o município de Teresina apresenta uma média anual de 1.378 mm com grande variabilidade dos índices pluviométricos, podendo variar para mais nos meses mais chuvosos, ou, para menos com meses mais secos. (MENESES, MEDEIROS e SANTOS, 2016).

2.2. Procedimento Metodológico

Para a pesquisa foram elaboradas cartas de declividade no programa *QGIS*, estas tiveram como base um Modelo Digital de Elevação - MDE. O MDE é um plano de informação que descreve a altitude, ponto a ponto, de uma determinada área. O MDE utilizado foi o *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) 1 *arc-second* global de alta resolução (30 m) disponibilizado pelo Serviço Geológico Americano (USGS).

Os arquivos SRTM foram importados para o programa *QGIS*, após a manipulação e análise dos arquivos, utilizou-se a ferramenta *r.reclass* no *QGIS* *With GRASS 7.8.3* para reclassificar os valores dos arquivos SRTM conforme os valores das classes de relevo propostas pelo Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Além da análise da carta de declividade, também se fez a análise de imagens orbitais de algumas das áreas analisadas.

Os reconhecimentos de campo e realização de fotografias foram fundamentais para a identificação e análise dos processos relacionados aos movimentos gravitacionais de massa. Os trabalhos de campo ocorreram nos

FAGUNDES, G. C. L.; AQUINO, C. M. S.; SOUSA, M. A

meses de março e abril de 2022, período em que as áreas analisadas foram visitadas mais de uma vez para a averiguação dos processos.

A análise das paisagens ao longo das atividades de campo, foram apoiadas no conhecimento obtido a partir de pesquisas bibliográficas, as quais foram direcionadas aos conceitos básicos e processos relacionados aos movimentos gravitacionais de massa. Além disso realizou-se pesquisas documentais acerca dos registros e casos anteriores relacionadas a desabamentos, deslizamentos e outros processos alinhados a temática dos movimentos de massa na cidade de Teresina.

A declividade foi utilizada para caracterização geomorfológica e geológica do município de Teresina, utilizando-se como base as contribuições de Moraes (2004) e Lima (2011) e os dados da CPRM (2010) para a caracterização geológica. A discussão sobre os aspectos físicos da área de estudo foi fundamental para a compreensão dos fenômenos analisados em campo.

Para a presente pesquisa a classificação da declividade seguiu a proposta da EMBRAPA (1979) para as classes de declive, *pari passu* se fez a caracterização geomorfológica e geológica do município de Teresina, utilizando-se como base as contribuições de Moraes (2004) e Lima (2011) para a caracterização geomorfológica, e os dados da CPRM (2010) para a caracterização geológica, a discussão sobre os aspectos físicos da área de estudo é fundamental para a compreensão dos fenômenos analisados em campo.

3. Resultados e Discussão

3.1. Identificação e análise de movimentos gravitacionais de massa na cidade de Teresina, Pi.

Apesar da cidade de Teresina apresentar poucas áreas de declividade considerada escarpada ou montanhosa (>45%), é notável que a morfogênese antrópica em virtude da atividade das construções urbanas, gera cortes de relevo ou taludes que podem ser considerados como pontos de declividade acentuada, superiores a 75% (Figura 6A e 6B), estes taludes são feições comuns, geradoras de processos progressivos de erosão e de movimentação de massa que podem

FAGUNDES, G. C. L.; AQUINO, C. M. S.; SOUSA, M. A

variar de processos lentos e progressivos a processos rápidos como as quedas de detritos. A velocidade da deflagração de movimentação de massa nestas feições tecnogênicas depende de variáveis como a presença de vegetação, ocorrência e intensidade das precipitações chuvosas.

O local representado na figura 6C localiza-se no bairro Verde Lar. Constata-se a deflagração de rastejo provocado principalmente pelo excesso das chuvas e alteração antrópica das vertentes dos morros residuais, já a paisagem na figura 6D, ocorre no bairro Satélite e trata-se de um local para onde converge grande parte do volume de água do escoamento superficial do bairro.



Figura 6 – Feições Tecnogênicas e Movimentos gravitacionais de massa em Teresina, Piauí. Em A, Corte de relevo e erosão progressiva de talude de corte com movimentação de massa (coordenadas 5°2'53.91" S e 42°45'52.34" W). Em B, Cortes de relevo com alto nível de degradação da paisagem e movimentação de massa (coordenadas 4°59'53.26" S e 42°45'31.53" W). Em C, formação de Depósitos Colúviais no sopé de um morro residual (coordenadas 5°2'19.40" S e 42°44'41.45" W). Em D, formação de colúvion nas coordenadas 5°2'53.88" S e 42°45'30.25" W.

Fonte: Os autores (2022).

Neste local no bairro Satélite (Figura 6D), as águas guiadas pelas feições do relevo apresentam força suficiente para movimentar galhos de árvores, rochas (cascalhos), sedimentos, veículos e materiais antrópicos diversos. Após as precipitações, estes processos de movimentação de massa deixam como registro nas paisagens um conjunto de estruturas urbanas danificadas e sedimentos

FAGUNDES, G. C. L.; AQUINO, C. M. S.; SOUSA, M. A

depositados formando depósitos coluviais ao longo das ruas pavimentadas. Devido a sua intensidade, a ocorrência deste processo assemelha-se à deflagração de fluxo de detritos, contudo, nesse caso está associado a inundações de riachos, alagamentos e riscos geológicos de desabamentos de casas no local.

Associado aos impactos negativos decorrentes dos movimentos gravitacionais de massa, é importante considerar a falta de conscientização da população diante de tais fenômenos. As figuras 7A e 7B mostram fotografias de um mesmo talude realizadas em dias diferentes. Comparando-se as duas figuras, é possível inferir uma diminuição da vegetação sobre a vertente, resultado de desmatamento realizado pelos próprios moradores em pleno período chuvoso. Após o desmatamento da vertente o talude de corte torna-se mais susceptível aos processos erosivos e consequentemente à queda de detritos, fato evidenciado pela área de dispersão que passou a receber maior quantidade de sedimentos nos dias posteriores à retirada do extrato vegetal.

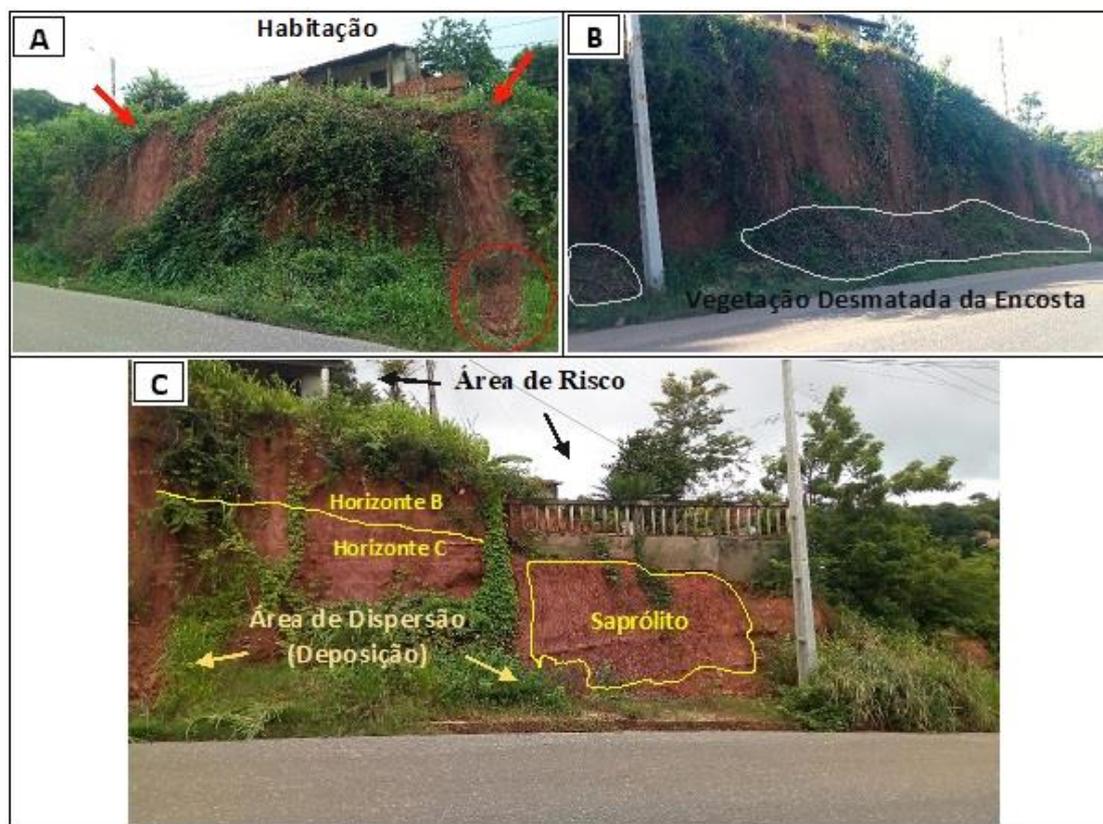


Figura 7 – Movimentos gravitacionais de massa em talude de corte no bairro Verde Lar em Teresina (Pi) nas coordenadas 5°2'19.40" S e 42°44'41.45" W. Em A, movimentos gravitacionais de massa em talude de corte;

FAGUNDES, G. C. L.; AQUINO, C. M. S.; SOUSA, M. A

Em B, retirada da vegetação do talude pelos moradores. Em C, área de risco e características físicas do talude de corte

Fonte: Os autores (2022).

A figura 7C, trata-se de uma porção mais rebaixada do mesmo talude representado nas figuras 7A e 7B, neste ponto é possível identificar uma diferenciação do material (solo e rocha) que compõe a feição tecnogênica em análise, a qual apresenta um horizonte B textural e logo abaixo um horizonte C saprolítico. É fato que esta diferenciação do material que compõe a referida vertente também influencia na diferenciação dos processos de movimentação de massa deflagrados no local. Na porção do talude que apresenta solo saprolítico evidenciou-se a ocorrência de queda de detritos, já na porção mais alta do talude (Figura 7A), evidencia-se a deflagração de processos de deslizamento de material (solo, vegetação) e queda de detritos, ambos em coexistência.

Na figura 8 é possível verificar melhor essa diferenciação do material erodido pela deflagração dos movimentos gravitacionais de massa.



Figura 8 – Material sedimentar na área de dispersão dos movimentos gravitacionais de massa de um talude no bairro Verde Lar em Teresina (Pi) nas coordenadas 5°2'19.40" S e 42°44'41.45" W. Em A, sedimentos da parte mais elevada do talude oriundo do Horizonte B textural. Em B e C, material oriundo de camada saprolítica do talude de corte.

Fonte: Os autores (2022).

Os sedimentos dispostos na área de dispersão dos movimentos gravitacionais de massa apresentam granulometria mais fina, com presença de

FAGUNDES, G. C. L.; AQUINO, C. M. S.; SOUSA, M. A

solo compacto de textura argilosa (Latossolo Vermelho) e pequenos cascalhos (Figura 8A). Já os sedimentos mostrados nas Figuras 8B e 8C, representam a área de dispersão abaixo da camada saprolítica, onde estão dispostos os sedimentos de granulometria mais grosseira, com presença de cascalhos e calhaus. Neste local, os sedimentos movimentados em deslizamentos e em quedas costumam também cair ao longo da avenida que perpassa a feição tecnogênica em análise.

É importante ressaltar a existência de habitações simples sobre os taludes, associado ao posicionamento destas habitações, os processos erosivos que entalham continuamente os taludes de cortes representados nas figuras indicam uma crescente situação de risco aos moradores destas habitações. Ao longo das visitas de campo foi possível identificar situações como estas em diversos locais da cidade, principalmente nas áreas localizadas nas periferias populares, onde é mais comum a construção de casas nas vertentes dos morros e mesas residuais, ou, nas planícies de inundações dos riachos urbanos. São casos pontuais onde as características do relevo relacionadas ao mal planejamento urbano geram situações críticas.

Ainda no que se refere aos movimentos gravitacionais de massa, um dos indicadores da deflagração de tais processos e também de riscos, é a inclinação de árvores em direção a base de encostas CPRM (2018). A figura 9 mostra a encosta de um morro localizado nos limites do bairro Satélite, onde as árvores estão dispostas em posição de inclinação.



Figura 9 – Árvores inclinadas na encosta de um morro no bairro Satélite em Teresina (Pi), coordenadas 5°2'51.05" S e 42°42'8.11" W.

Fonte: Os Autores (2022).

É possível verificar que algumas árvores estão sendo sustentadas por suportes de madeira colocados pelos próprios moradores do local, no caso desta encosta, a inclinação das árvores indica uma movimentação lenta e contínua em direção descendente do material que compõe a encosta e tal processo indica uma diminuição da tensão interna deste material (solo e rocha). Por se tratar de um processo lento, neste caso não se evidenciou a presença de queda ou rolamento de detritos, mas vale ressaltar o risco da queda de árvores no eixo da rua.

3.2. Reportagens sobre deslizamentos e erosão na cidade de Teresina.

Assim como as análises realizadas *in loco* nas zonas Norte e Leste da cidade de Teresina, também foi feito uma busca nos noticiários sobre desastres relacionados aos movimentos gravitacionais de massa que ocorreram durante o último período chuvoso em Teresina, ou seja, nos três últimos meses do ano de 2021, e os três primeiros meses de 2022.

A primeira notícia (Figura 10), mostra a formação de uma cratera em detrimento do rompimento de uma galeria de esgoto que provocou a erosão do pavimento e dos depósitos sedimentares utilizados na construção de uma rua.

FAGUNDES, G. C. L.; AQUINO, C. M. S.; SOUSA, M. A

Vale ressaltar que a formação de crateras como esta são comuns na cidade de Teresina durante o período chuvoso, principalmente em locais onde os riachos atravessam sob as ruas pavimentadas.

Nestes casos, os elevados índices pluviométricos não suportados pela infraestrutura de drenagem da cidade acaba gerando alagamentos intensos, causando problemas de encharcamento do solo, que ao atingir seu potencial de saturação torna-se mais pesado e susceptível à erosão e desabamento do material utilizado na construção das ruas. Os noticiários da Figura 10 e 11 mostram a formação de crateras em função da erosão e movimentação de material.

Cratera deixa rua intrafegável e moradores temem perder casas no bairro Satélite em Teresina

O buraco está aberto há 15 dias e somente nesta segunda-feira (29) a SAAD informou quais providências tomar.

Por g1 PI
29/11/2021 16h33 - Atualizado há 5 meses



Monitoramos do Satélite comoverem há 15 dias com cratera em rua da Zona Leste

Figura 10 – Reportagem do noticiário da TV Clube, do dia 29 de novembro de 2021. Formação de cratera na rua branca do bairro Satélite na zona Leste de Teresina (Pi).

Fonte: TV Clube (2021), organizado pelos Autores (2022).

Chuva forte deixa grandes estragos no bairro Satélite em Teresina

05 de fevereiro de 2022

O bairro Satélite foi um dos locais atingidos com vários estragos causados pelas chuvas ocorridas na noite da última sexta-feira (4) na capital. A Prefeitura de Teresina informou que iniciou os atendimentos nas primeiras horas deste sábado (5).

O superintendente de Ações Administrativas Descentralizadas Leste (SAAD Leste) James Guerra, esteve na Rua Bela do Satélite, umas das vias fortemente atingidas e falou sobre a situação.

Foto: Divulgação/Prefeitura de Teresina



Figura 11 – Reportagem do noticiário Viagora, do dia 05 de fevereiro de 2022, erosão da rua Bela do bairro Satélite em Teresina (Pi).

Fonte: Viagora (2022), organizado pelos autores (2022).

Na Figura 11, constata-se a situação da rua Bela, na mesma não ocorrem deslizamentos ou escorregamentos, entretanto, o rápido e abrupto fluxo de sedimentos, rochas e outros materiais transportados pela ação da água, constitui um processo de fluxo de detritos com conseqüente erosão do material que compõe a rua.

Neste mesmo ano de 2022, também ocorreram desabamentos de residências na zona Sul da cidade de Teresina, mais especificamente no bairro Vila da Paz. Os elevados níveis de chuva culminaram com o surgimento de rachaduras em diversas casas no local, indicando riscos de desabamento.

Na Figura 12 é possível verificar a deflagração de deslizamento planar, diante das informações oferecidas pelo noticiário é possível inferir que um dos fatores determinantes para o supracitado deslizamento foi a saturação do solo pelo excesso das chuvas.



Figura 12 – Reportagem do noticiário da TV Clube, do dia 07 de março de 2022. Famílias deixam casas por risco de desabamento no bairro Vila da Paz (zona Sul de Teresina).
Fonte: TV Clube (2022), organizado pelos Autores (2022).

Os noticiários supracitados, mostraram casos de processos de movimentação de massa na zona Leste e Sul da cidade, entretanto, é importante destacar que para além destas áreas aqui identificadas, existem inúmeras outras com a mesma problemática. Sobretudo no final do ano de 2021 e início de 2022, muitas famílias foram prejudicadas ou desabrigadas em consequência de pequenos desastres, onde parte dos casos está associada aos deslizamentos, queda, fluxo de detritos e processos erosivos que culminam com o surgimento de voçorocas.

4. Considerações Finais

A pesquisa trata-se de um estudo de caso sobre a situação dos processos que envolvem os movimentos gravitacionais de massa na cidade de Teresina, nestes termos, primeiro foi realizado a caracterização da área de estudo com análise da declividade que possibilitou o direcionamento dos locais que foram analisados, posteriormente se fez uma pesquisa da abordagem conceitual acerca dos processos de movimentação de massa (rastejos, quedas, deslizamentos ou

FAGUNDES, G. C. L.; AQUINO, C. M. S.; SOUSA, M. A

escorregamentos e fluxo de detritos). Em seguida, os trabalhos de campo e pesquisas de gabinete culminaram no que foi apresentado nos resultados e discussões, notoriamente constatou-se a ocorrência de quedas de detritos em taludes de cortes, rastejos com formação de coluviões, fluxo de detritos com formação de coluviões e deslizamento planar.

Tais processos identificados e analisados, estiveram associados a desabamentos, riscos de desabamentos de casas e à formação de taludes em ruas movimentadas da cidade. Outro aspecto importante identificado na pesquisa, é que estes fenômenos – os movimentos gravitacionais de massa – ocorrem mais comumente nas zonas Leste, Norte e Sul da cidade de Teresina, principalmente nas áreas mais periféricas do perímetro urbano, onde se apresentam as porções do relevo de maior declive. Os noticiários discutidos na pesquisa, por exemplo, mostraram casos relevantes na zona Leste e Sul, contudo, ressalta-se que os problemas relacionados aos movimentos gravitacionais de massa na cidade de Teresina são em números maiores que os aqui apresentados.

A maior parte do sítio urbano de Teresina está assentado em relevo com declive plano ou suavemente ondulado, as áreas de declive ondulado e fortemente ondulado existem em menor expressividade sobretudo ocorrendo nas zonas analisadas na pesquisa, entretanto, os taludes de corte (feições tecnogênicas) identificados e analisados, apresentaram declive superior a 75%, fato que favorece a deflagração de queda de detritos e deslizamento de material (solo, rocha e vegetação). Em detrimento da existência destes taludes de corte, os processos de queda de detritos foram os mais identificados na pesquisa, fator interessante tendo em vista que grande parte do relevo da cidade de Teresina é plano ou suavemente ondulado.

Os movimentos gravitacionais fazem parte do contexto urbano da cidade de Teresina, oferecendo prejuízos e situações de riscos aos moradores da cidade, principalmente aos moradores das áreas periféricas. Diante do que foi exposto, conclui-se que estes processos são passíveis de acompanhamentos contínuos, seja na identificação de áreas de riscos, na contenção dos processos de movimentação de massa, no reparo das estruturas urbanas danificadas, na assistência aos

FAGUNDES, G. C. L.; AQUINO, C. M. S.; SOUSA, M. A

moradores prejudicados e na pesquisa destes fenômenos. Recomenda-se a ampliação de estudos relativos a esta temática para a cidade de Teresina, como forma de subsidiar os órgãos públicos quanto ao ordenamento territorial sustentável.

5. Referências

AUGUSTO FILHO, O. **Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica**. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS, 1., 1992. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: 1992. p. 721-733.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa**. Rio de Janeiro: CPRM/SGB – Serviço Geológico do Brasil, 2018. 203 p. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/20452> Acesso em: Jan 2022

CARVALHO, T. M.; BAYER, M. **Utilização dos produtos da “Shuttle Radar Topography Mission” (SRTM) no mapeamento geomorfológico do Estado de Goiás**. Revista Brasileira de Geomorfologia, Brasília, v. 9, n. 1, p. 35-41, 2008.

EMBRAPA. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Piauí**. Vol. SNLCS. Rio de Janeiro. 1986.

Cratera deixa rua intrafegável e moradores temem perder casas no bairro satélite em Teresina. G1 Pi/TV Clube. Piauí. Nov. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/pi/piaui/noticia/2021/11/29/cratera-deixa-rua-intrafegavel-e-moradores-temem-perder-casas-no-bairro-satelite-em-teresina.ghtml>. Acesso em: Mai. 2022.

Chuva forte deixa grandes impactos no bairro satélite em Teresina. Viagora. Piauí. Fev. 2022. Disponível em: <https://www.viagora.com.br/pi/piaui/noticia/2022/2/5/chuva-forte-deixa-grandes-estragos-no-bairro-satelite-em-teresina-94002.html> . Acesso em: Mai. 2022.

Famílias deixam casas por risco de desabamento na vila da paz, zona Sul de Teresina. G1 Pi/TV Clube. Piauí. Mar. 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/pi/piaui/noticia/2022/03/07/familias-deixam-casas-por-risco-de-desabamento-na-vila-da-paz-zona-sul-de-teresina.ghtml>. Acesso em: Mai. 2022.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Reunião técnica de levantamento de solos**, 10. Súmula. Rio de Janeiro: SNLCS. 1979.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto: Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: 2. ed. Oficina de textos, 2007.

FAGUNDES, G. C. L.; AQUINO, C. M. S.; SOUSA, M. A

PFALTZGRAFF, P. A. S. (org). **Geodiversidade do estado do Piauí**. Recife: CPRM, 2010.

GERSCOVICH, D. **Estabilidade de taludes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 166p.

GUIDICINI, G. & NIEBLE, C. M. 1984. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação**. São Paulo: 2. ed. Edgard Blücher,. 194p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geociências: geologia**. São Paulo, Brasil. 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias>. Acesso em: Set 2021.

LIMA, I. F. L. **O relevo de Teresina, Pi**: compartimentação e dinâmica atual. IX ENANPEGE - Encontro Nacional da Associação nacional de pós-Graduação e pesquisa em Geografia. Goiânia, 2011.

MEMEZES, H. E.; MEDEIROS, R. M.; SANTOS, J. L. Climatologia da pluviometria do município de Teresina, Piauí, Brasil. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**. v. 11, n. 4, p. 135-141, 2016. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/about> Acesso em: Abr 2022.

MORAES, A. M. de. **Capacidade de uso da terra no município de Teresina: elementos para uma política de conservação dos recursos naturais**. Dissertação (Mestrado) - Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal do Piauí, 2004.

SILVEIRA, L. R. C. **Avaliação do perigo de queda de blocos em taludes urbanos e ferroviários e simulação de sua trajetória**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Engenharia de Minas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral, p. 156. 2017.

TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. do (Org.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 3. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015a. Disponível em: [Instituto Geológico \(infraestruturameioambiente.sp.gov.br\)](http://instituto.geologico.gov.br) Acesso em: Mar 2022.

TOMINAGA, L.K. Escorregamentos. In: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. do (Org.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 2. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015b. cap. 2, p. 25-38.

TOMINAGA, L. K. **Avaliação de Metodologias de Análise de Risco a Escorregamentos: Aplicação de um Ensaio em Ubatuba, SP**. Tese (Doutorado) Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo. 220 p. 2007.

YILMAZ, I.; YILDIRIM, M.; KESKIN, I. A method for mapping the spatial distribution of rockfall computer program analyses results using ArcGIS software. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, v. 67, n. 4, p. 547-554, 2008.

FAGUNDES, G. C. L.; AQUINO, C. M. S.; SOUSA, M. A

INFANTI JR., N.; FORNASARI FILHO, N. 1998. Processos da Dinâmica Superficial. In: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. (eds) **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998. p. 131-152.

FAMÍLIAS deixam casas por risco de desabamento na vila da paz, zona Sul de Teresina. **G1 Pi/TV Clube**. Piauí. 07 de Mar. 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/pi/piaui/noticia/2022/03/07/familias-deixam-casas-por-risco-de-desabamento-na-vila-da-paz-zona-sul-de-teresina.ghtml>. Acesso em: Mai. 2022.