



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE HUMANIDADES – CAMPUS III
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM GEOGRAFIA**

LINHA DE PESQUISA:

ECOSSISTEMAS, CONSERVAÇÃO E IMPACTOS AMBIENTAIS

DANILO DE OLIVEIRA SILVA

**ANÁLISE DE MOVIMENTOS DE MASSA PRETÉRITOS E DA POSSIBILIDADE DE
EVENTOS FUTUROS EM TRECHOS DA RODOVIA PB-105 ENTRE O DISTRITO
DE RUA NOVA (BELÉM-PB) E A CIDADE DE BANANEIRAS-PB**

**GUARABIRA – PB
2022**

DANILO DE OLIVEIRA SILVA

**ANÁLISE DE MOVIMENTOS DE MASSA PRETÉRITOS E DA POSSIBILIDADE DE
EVENTOS FUTUROS EM TRECHOS DA RODOVIA PB-105 ENTRE O DISTRITO
DE RUA NOVA (BELÉM-PB) E A CIDADE DE BANANEIRAS-PB**

Trabalho de conclusão de curso (Artigo Científico), apresentado à coordenação do Curso de Licenciatura Plena em Geografia pela Universidade Estadual da Paraíba – Campus III.

Linha de Pesquisa: Ecossistemas, Conservação e Impactos Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Ivanildo Costa da Silva.

GUARABIRA – PB
2022

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S586a Silva, Danilo de Oliveira.

Análise de movimentos de massa pretéritos e da possibilidade de eventos futuros em trechos da Rodovia PB-105 entre o distrito de Rua Nova (Belém-PB) e a cidade de Bananeiras-PB [manuscrito] / Danilo de Oliveira Silva. - 2022.

38 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Humanidades, 2023.

"Orientação : Prof. Dr. Ivanildo Costa da Silva, Departamento de Geografia - CH."

1. Movimentos de massa. 2. Rodovia. 3. Intemperismo. I.
Título

21. ed. CDD 363.7

DANILO DE OLIVEIRA SILVA

ANÁLISE DE MOVIMENTOS DE MASSA PRETÉRITOS E DA POSSIBILIDADE DE
EVENTOS FUTUROS EM TRECHOS DA RODOVIA PB-105 ENTRE O DISTRITO
DE RUA NOVA (BELÉM-PB) E A CIDADE DE BANANEIRAS-PB

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo Científico), apresentado ao Curso de Licenciatura Plena em Geografia como parte do requisito parcial para conclusão do Curso de Geografia.

Aprovado em: 15 / 12 / 2022

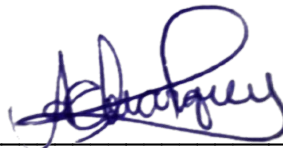
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Ivanildo Costa da Silva - DG/CH/UEPB (Orientador)



Profa. Dra. Luciene Vieira de Arruda - DG/CH/UEPB (Avaliadora)



Profa. Ms. Ana Carla dos Santos Marques - DG/CH/UEPB (Avaliadora)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo.

Aos meus pais, por todo o apoio oferecido durante o curso.

As minhas tias Terezinha e Nenzinha e ao meu avô Nozinho, por todo o suporte que recebi.

A minha namorada Maria, por me acompanhar nos momentos mais difíceis do curso.

Aos meus amigos Jardel, Amanda e Eduardo, pela ajuda durante o curso e na construção desse trabalho.

Ao grande professor Ivanildo, por todos os ensinamentos e por toda a ajuda oferecida neste trabalho.

SILVA, Danilo de Oliveira. **Análise de movimentos de massa pretéritos e da possibilidade de eventos futuros em trechos da Rodovia PB-105 entre o distrito de Rua Nova (Belém-PB) e a cidade de Bananeiras-PB.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia), UEPB. Guarabira, 2022. 38 p.

LINHA DE PESQUISA: Ecossistemas, Conservação e Impactos Ambientais.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Ivanildo Costa da Silva.

BANCA EXAMINADORA: Profa. Dra. Luciene Vieira de Arruda;
Profa. Ms. Ana Carla dos Santos Marques.

RESUMO:

O presente trabalho tem como objetivo geral compreender a dinâmica ambiental dos movimentos de massa pretéritos e a possibilidade de eventos futuros em trechos da rodovia PB-105, entre o distrito de Rua Nova, Belém-PB, e a cidade de Bananeiras-PB. Como objetivos específicos, busca-se localizar as áreas de ocorrência de movimentos de massa pretéritos na área de estudo, identificar e classificar os movimentos de massa no trecho analisado e, por fim, mapear áreas de possíveis movimentos de massa no percurso da rodovia PB-105, na localização já citada. Foi utilizado o método hipotético-dedutivo e também foi realizado um levantamento bibliográfico para entendimento geral dos movimentos de massa. Também foi utilizada a pesquisa de campo para identificar o fenômeno analisado e entender o contexto ambiental. Para a coleta de dados das áreas, foi utilizado um aparelho GPS *Garmin Xtreme 30x* e para a produção de mapas utilizou-se o *software* QGIS. Verificou-se que na área pesquisada existe uma série de cicatrizes de movimentos de massa que foram deflagrados em função de um conjunto de fatores como declividade elevada, grau de intemperismo das rochas, água excessiva e, em algumas situações, o peso da vegetação. Foram identificadas diversas áreas com possibilidade de eventos futuros. Os cortes para a construção da rodovia PB-105 ajudaram a desencadear os movimentos encontrados e tornaram diversas áreas instáveis. Dessa forma, se faz necessário que alguma medida seja tomada por parte dos órgãos responsáveis por evitar desastres naturais até o próximo período chuvoso.

Palavras-chave: Movimentos de massa. Rodovia. Intemperismo.

SILVA, Danilo de Oliveira. **Analysis of past mass movements and the possibility of future events on sections of the PB-105 highway between the district of Rua Nova (Belém-PB) and the city of Bananeiras-PB.** Completion of course work (Graduation in Geography), UEPB. Guarabira, 2022. 38 p.

LINE OF RESEARCH: Ecosystems, Conservation and Environmental Impacts.

ADVISOR: Prof. Dr. Ivanildo Costa da Silva.

EXAMINING BOARD: Profa. Dra. Luciene Vieira de Arruda;
Profa. Ms. Ana Carla dos Santos Marques.

ABSTRACT:

The present work has the general objective of understanding the environmental dynamics of past mass movements and the possibility of future events in stretches of the PB-105 highway, between the district of Rua Nova, Belém-PB, and the city of Bananeiras-PB. As specific objectives, we seek to locate the areas of occurrence of past mass movements in the study area, identify and classify the mass movements in the analyzed stretch and, finally, map areas of possible mass movements along the route of the PB- 105, in the aforementioned location. The hypothetical-deductive method was used and a bibliographic survey was also carried out for a general understanding of mass movements. Field research was also used to identify the analyzed phenomenon and understand the environmental context. For the collection of data from the areas, a Garmin Xtreme 30x GPS device was used and for the production of maps, the QGIS software was used. It was found that in the researched area there are a series of scars from mass movements that were triggered due to a set of factors such as high slope, degree of weathering of the rocks, excessive water and, in some situations, the weight of vegetation. Several areas with the possibility of future events were identified. The cuts for the construction of the PB-105 highway helped trigger the movements found and made several areas unstable. Thus, it is necessary that some measure be taken by the bodies responsible for avoiding natural disasters until the next rainy season.

Keywords: Mass movements. Highway. weathering.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização do município de Bananeiras-PB	11
Figura 2: Solos do município de Bananeiras-PB.....	12
Figura 3: Geologia do município de Bananeiras-PB.....	13
Figura 4: Exemplos de movimentos de massa conforme Infanti Jr. e Fornasari Filho (1998), Lopes (2006) e Lyons e Ross (2015).....	15
Figura 5: Resistência ao cisalhamento e força da gravidade conforme Wicander e Monroe (2009)	18
Figura 6: Hipsometria do município de Bananeiras-PB.....	20
Figura 7: Precipitação da Paraíba no período de maio até julho de 2022.....	21
Figura 8: Fotografia aérea de trecho da Rodovia PB-105 cortando vertente, entre os distritos de Rua Nova e Roma.....	22
Figura 9: Mapa das áreas de cicatrizes e possibilidade de movimentos de massa futuros na Rodovia PB-105, entre o distrito de Rua Nova e a cidade de Bananeiras-PB	23
Figura 10: Placa de sinalização de área de risco localizada próxima ao distrito de Rua Nova	24
Figura 11: Cicatriz de movimento de massa do tipo queda de blocos na Rodovia PB-105, município de Bananeiras-PB	27
Figura 12: Cicatriz de queda de blocos encontrada na Rodovia PB-105, entre os distritos de Rua Nova e Roma.....	28
Figura 13: Fotografia aérea mostrando cicatrizes de movimentos de massa em trecho da Rodovia PB-105	29
Figura 14: Cicatriz de movimento de massa do tipo escorregamento rotacional identificada na margem da Rodovia PB-105, município de Bananeiras-PB.....	30
Figura 15: Paredão rochoso localizado próximo ao distrito de Roma apresentando cicatrizes de escorregamentos planares e possibilidade de tombamento.....	31
Figura 16: Cicatrizes de escorregamentos planares em área instável na Rodovia PB-105, entre o distrito de Roma e a cidade de Bananeiras-PB.....	32
Figura 17: Acidente com vítima fatal provocado por árvore que se moveu junto ao solo na Rodovia PB-105, entre o distrito de Roma e a cidade de Bananeiras-PB.....	33
Figura 18: Chance de movimento de massa futuro em local habitado.....	34
Figura 19: Cicatriz de escorregamento translacional	35

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Áreas de cicatrizes de movimentos de massa e possibilidade de eventos futuros mapeadas em campo	25
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	09
2	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE BANANEIRAS-PB	10
3	REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1	MOVIMENTOS DE MASSA	13
3.2	TIPOS DE MOVIMENTOS DE MASSA	14
3.2.1	Rastejamento (<i>creep</i>)	15
3.2.2	Escorregamentos (<i>slides</i>)	15
3.2.3	Corridas ou Fluxos (<i>flows</i>).....	16
3.2.4	Quedas.....	17
3.3	FATORES QUE PODEM INFLUENCIAR OS MOVIMENTOS DE MASSA	17
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
5	RESSULTADOS E DISCUSSÕES	19
5.1	PRINCIPAIS PONTOS ANALISADOS EM CAMPO	26
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
	REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

A esculturação do relevo terrestre pode ser realizada por diversos agentes como água, vento e gelo. A dinâmica da evolução das vertentes acontece de forma natural, mas também pode ocorrer de forma induzida, mesmo que acidentalmente ou indiretamente, pelo ser humano, que tem a capacidade de acelerar os processos sempre que atua interferindo na estabilidade de um ambiente natural.

Dentre os fenômenos geomorfológicos que moldam o relevo estão os movimentos de massa. Tais movimentos englobam qualquer processo onde massas de solo ou rocha se deslocam para baixo nas encostas com auxílio da força gravitacional (PRESS et. al. 2006, p.292). “Os movimentos de massa consistem em importante processo natural que atua na dinâmica das vertentes, fazendo parte da evolução geomorfológica em regiões serranas” (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2015, p.27). Apesar de serem comuns em regiões mais elevadas, podem ocorrer em qualquer espaço onde haja declividade suficiente que possa fazer com que solo e rocha sofram movimento por gravidade (GUERRA, 2016, p.73). Nos movimentos de massa, portanto, a força da gravidade é um dos principais agentes.

No Brasil ocorre um número considerável de acidentes provocados por movimentos de massa em função da interferência humana em encostas (FERNANDES; AMARAL, 2000, p.125). Esses movimentos podem trazer grandes riscos devido à alta energia liberada durante o seu percurso. Significa, então, que eles são prejudiciais quando atingem a população, o que pode ser evidenciado pela sua capacidade de destruição, que provoca perdas materiais e imateriais.

Segundo Guerra (2016, p.71) alguns dos motivos mais importantes para a ocorrência dos movimentos de massa são o desmatamento, situações hidrológicas adversas, bem como cortes realizados nas encostas, visando qualquer tipo de obra, ou seja, para a ocorrência dos movimentos de massa é necessária uma combinação de fatores que pode ir da pluviometria alta em um curto período até modificações antrópicas nas vertentes.

O que pode ser notado nos últimos tempo no Brasil, bem como em outros países, é a aceleração dos movimentos de massa induzidos por construções feitas sem se atentar aos elementos que podem desencadear esses processos (GUERRA, 2016, p.77). Hetú (2003), refletindo sobre o trabalho de Larsen e Parks (1997), salienta que “se os deslizamentos de terra são mais frequentes ao longo das estradas é porque

são causados pelas próprias estradas”, ou seja, a construção de estradas em determinados locais pode induzir a ocorrência de movimentos de massa.

É fato que o fenômeno em questão tem relevância, a ponto de ser estudado por variadas ciências e em diversos pontos de vista. Com base nisso, é nitidamente indispensável compreender os tipos de movimentos de massa não só pelo seu papel de modificador do relevo, mas também pelo seu contato direto com a sociedade que, em muitos casos, pode levar a desastres.

É verdade que no município de Bananeiras-PB ocorreram modificações no relevo para construções, sendo um exemplo importante à abertura da rodovia PB-105. Na região citada, já ocorreram alguns movimentos de massa que, inclusive, devido às dimensões dos eventos, bloquearam o tráfego de veículos nos trechos atingidos.

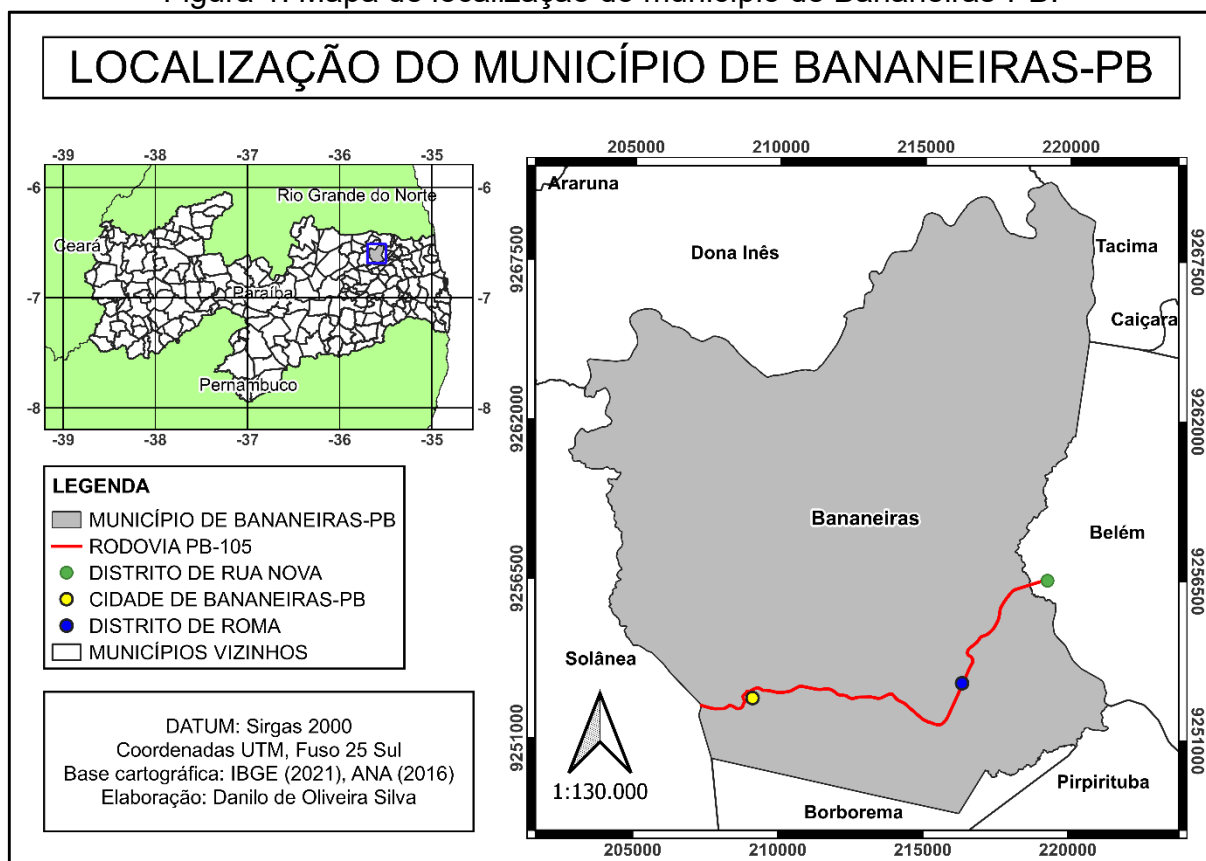
Diante do que foi apresentado, o município de Bananeiras, na Paraíba, necessita de pesquisas que mostrem evidências de movimentos de massa já ocorridos e pontos em que esses eventos podem ser deflagrados, buscando entender a dinâmica desse fenômeno em suas vertentes. Além disso, uma pesquisa deste tema, que é importante, pode servir de base para outros estudos locais sobre tal assunto, uma vez que “tais movimentos podem causar perdas de vida, danos civis ou uma interrupção geral das atividades humanas” (WICANDER e MONROE, 2006, p. 243).

Nesse sentido, o presente trabalho tem por objetivo geral compreender a dinâmica ambiental dos movimentos de massa pretéritos e a possibilidade de eventos futuros em trechos da rodovia PB-105, entre o distrito de Rua Nova, Belém-PB, e a cidade de Bananeiras-PB. No tocante aos objetivos específicos, a pesquisa busca localizar as áreas de ocorrência de movimentos de massa pretéritos na área de estudo, identificar e classificar os movimentos de massa no trecho analisado e, por fim, sugerir e mapear áreas de possíveis movimentos de massa no percurso da rodovia PB-105 na localização já citada.

2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE BANANEIRAS-PB

O município de Bananeiras-PB está inserido na Região Imediata de Guarabira e na Região Intermediária de João Pessoa, a população estimada é de 21.220 pessoas e a área da unidade territorial é de 258 km² (IBGE, 2017) (Figura 1).

Figura 1: Mapa de localização do município de Bananeiras-PB.



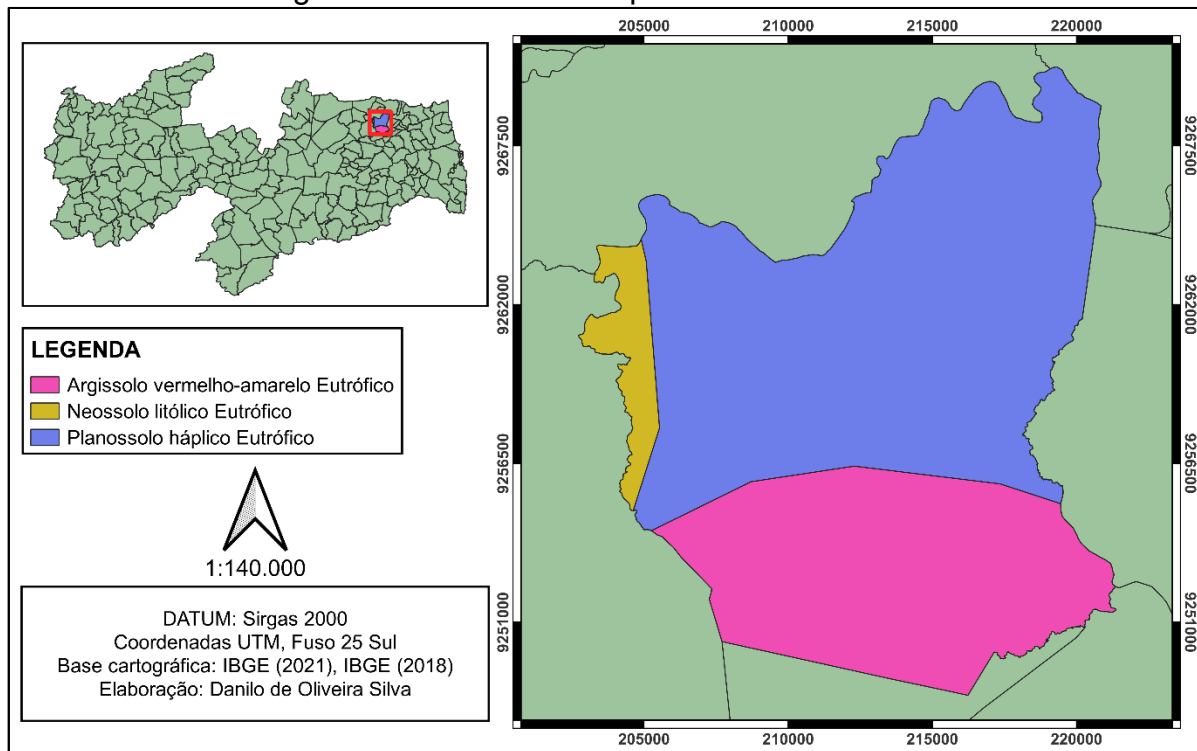
Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

O relevo do município de Bananeiras-PB faz parte da unidade geoambiental do Planalto da Borborema (CPRM, 2005, p.4). No que diz respeito às morfoesculturas, são encontradas quatro no território municipal: Serra dos Martins: apresenta relevo residual de topo plano; Depressão Leste do Borborema (SILVA, 2020): tem como características relevo de topo convexo e dissecação moderada; Encostas e Serras Residuais do Leste do Borborema: fica entre a Depressão Leste e o Planalto da Borborema. Com o potencial de energia em função da maior altitude e declividade, gera relevos de topos convexos, bem como vales profundos em forma de 'V' e, além disso, em certas áreas, nota-se a ação de zonas de cisalhamento na orientação do relevo; Planalto da Borborema: relevos com topos convexos e dissecação de moderada a alta (ARRUDA *et al.* 2022, p.78).

Conforme o CRPM (2005, p.5), os solos do município de Bananeiras-PB são os Planossolos, que são medianamente profundos e altamente drenados, ainda são ácidos e têm fertilidade intermediária, e os Argissolos, que são profundos, apresentam textura argilosa e têm fertilidade de intermediária a alta. Nas partes mais elevadas, existem os Neossolos rasos, de textura argilosa e de fertilidade média. Já nos vales

de rios e riachos, ocorrem os Planossolos, com profundidade mediana, imperfeitamente drenados e com fertilidade elevada (Figura 2).

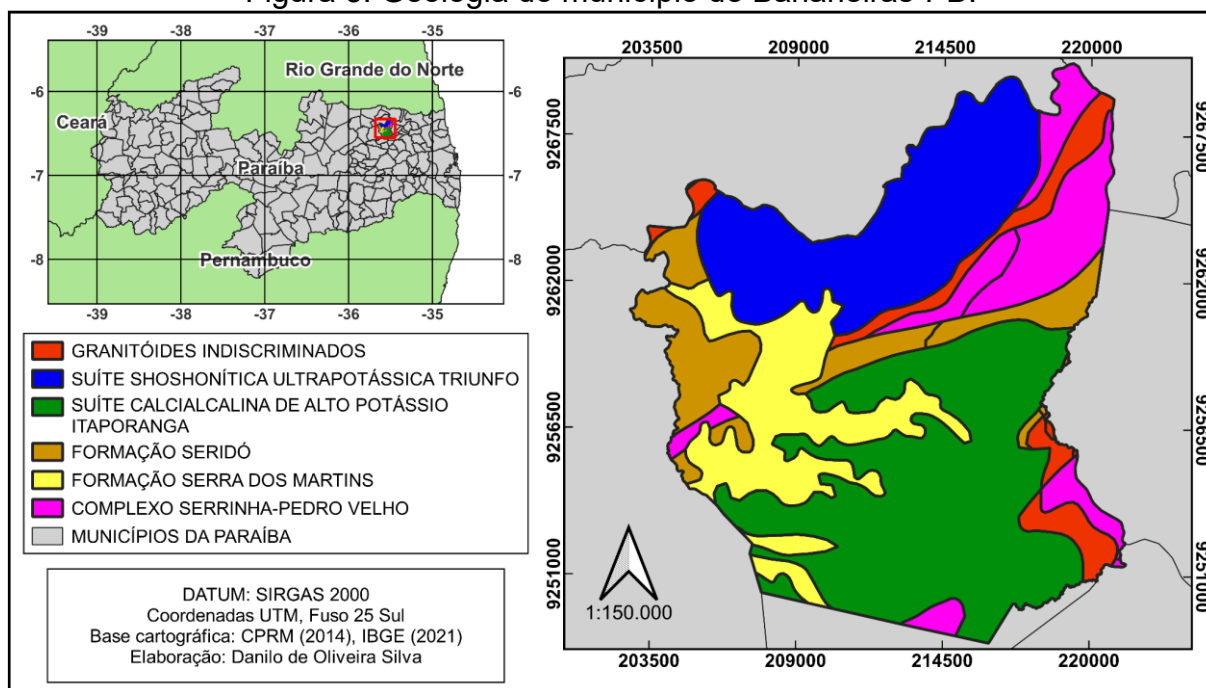
Figura 2: Solos do município de Bananeiras-PB.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

No que diz respeito à litologia, o município de Bananeiras-PB possui seis Unidades Litoestatigráficas, onde uma é do cenozóico (Formação Serra dos Martins), quatro são do neoproterozóico (suíte shoshonítica ultrapotássica Triunfo, suíte calcialcalina de médio a alto potássio Itaporanga, granitóides indiscriminados e grupo Seridó) e uma é do paleoproterozóico (Complexo Serrinha-Pedro Velho), e algumas das rochas encontradas nas unidades são: arenito médio, conglomerados, granito, monzogranito, quartzito, mármore, gnaíse, migmatito, entre outras (CPRM, 2005, p.5) (Figura 3).

Figura 3: Geologia do município de Bananeiras-PB.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

O clima é Tropical Chuvoso, tendo o verão seco. O período chuvoso tem seu início em janeiro/fevereiro e se encerra em setembro, porém pode se estender até o mês de outubro (CPRM, 2005, p.4). Em função das características de relevo, Bananeiras-PB se encontra em uma área de exceção. De acordo com Silva (2014, p.27), os ventos úmidos que vêm do litoral, ao encontrarem as partes mais elevadas na borda oriental do planalto da Borborema, tendem a fazer o ar se acumular e subir, resultando em chuvas orográficas (chuvas de relevo) e aumentando a umidade dessa região, tendo como resultado desse processo os brejos de altitude, que são áreas que apresentam características ambientais diferentes do entorno com cotas mais baixas.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 MOVIMENTOS DE MASSA

Apesar de existirem diversos movimentos de massa, em muitos casos, os autores usam a nomenclatura “deslizamentos” (*landslides*) (GUERRA, 2016, p.74). Esses fenômenos também são conhecidos por deslizamentos na linguagem dos moradores onde os processos ocorrem, ou seja, no entendimento do senso comum (ARAUJO; ALMEIDA; GUERRA, 2008, p.78). De acordo com Press *et al.* (2006, p.298) apesar de a imprensa geralmente se referir aos movimentos de massa como

escorregamentos ou deslizamentos, eles constituem diversos tipos de eventos, assim como têm características específicas.

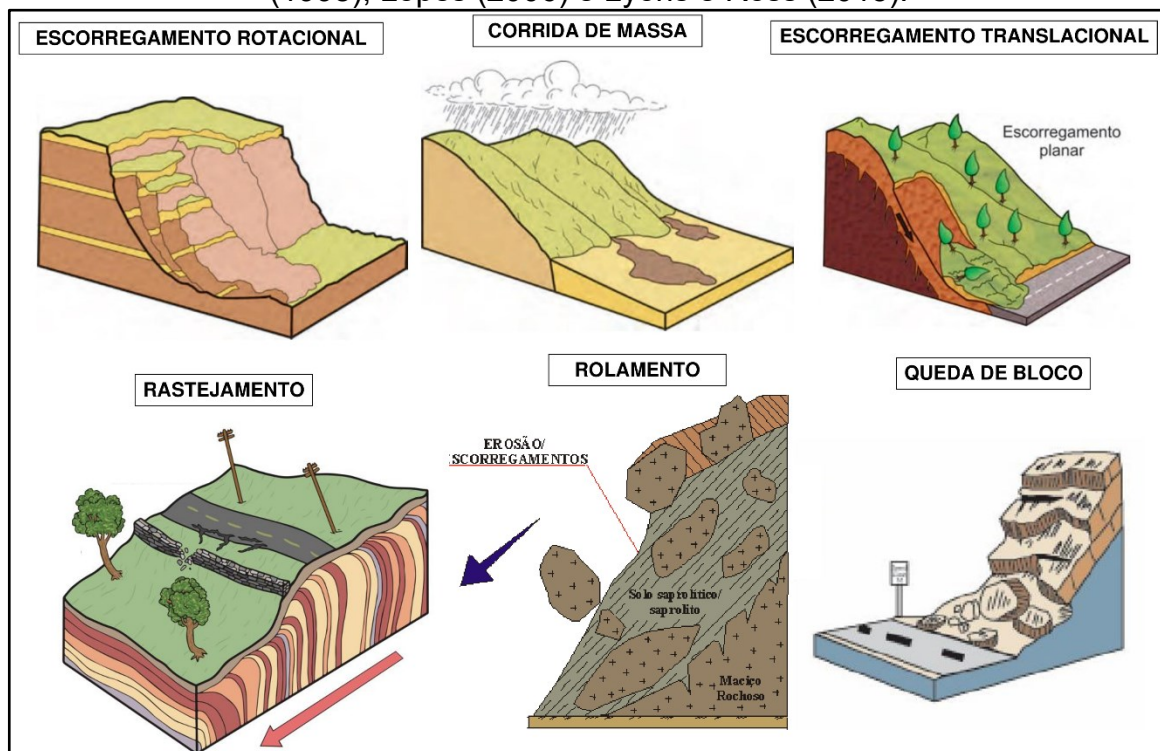
A movimentação gravitacional de massa pode ser entendida como a descida de material, sob interferência direta da gravidade, encosta abaixo (WICANDER; MONROE, 2009, p. 243). Para Christofolletti (1980, p.28), os movimentos de massa ou movimentos do regolito são qualquer movimento gravitacional que provocam o deslocamento de partículas ou partes do solo para baixo na encosta. Em suma, “movimento de massa é uma expressão descritiva para o movimento descendente de materiais que formam a encosta – rochas, solos, enchimentos artificiais ou a combinação desses materiais” (ARAUJO; ALMEIDA; GUERRA, 2008, p.78). Tal fenômeno pode ter variadas velocidades e pode ser gerado pela atividade biológica ou por mudanças das condições climáticas, porém sempre com a gravidade sendo o fator chave (PENTEADO, 1983, p.100).

3.2 TIPOS DE MOVIMENTOS DE MASSA

Quando se trata de movimentos de massa, é importante ressaltar que a classificação dos tipos pode ter variações de terminologia de acordo com cada autor. De acordo com Press *et al.* (2006, p.298) e Wicander e Monroe (2009, p.250), os movimentos geralmente são classificados levando em consideração três características principais: velocidade do movimento, tipo de material (solo ou rocha) e natureza do movimento. Aqui serão tratados sobre os seguintes movimentos de massa: Rastejamento, Escorregamentos, Corridas ou Fluxos e Quedas.

Além desses movimentos de massa citados, existem os chamados “movimentos gravitacionais complexos”, que são movimentos de difícil distinção por serem uma mistura de vários tipos de movimentos (WICANDER; MONROE, 2009, p. 257).

Figura 4: Exemplos de movimentos de massa conforme Infanti Jr. e Fornasari Filho (1998), Lopes (2006) e Lyons e Ross (2015).



Fonte: Adaptado de Infanti Jr. e Fornasari Filho, 1998; Lopes, 2006; Lyons e Ross, 2015.

3.2.1 Rastejamento (*creep*)

O rastejamento é o deslocamento de solo ou de detritos encosta abaixo, que tem uma taxa de movimentação que vai de 1 até 10 milímetros por ano (PRESS et. al., 2008, p.301). Conforme Christofolletti (1980, p.28), a velocidade maior desse movimento é na parte mais superficial, mas perde força com a profundidade e não tem a capacidade de afetar a rocha soterrada. Apesar de ser quase imperceptível, pode-se observar o rastejamento através de árvores, muros e postes inclinados (figura 4).

“Várias são as causas do rastejamento, podendo-se citar o pisoteio do gado, o crescimento de raízes e o escavamento de buracos pelos animais que podem gerar uma série de movimentos minúsculos às partículas terrosas” (CHRISTOFOLLETTI, 1980, p.28). Apesar de poder ocorrer em qualquer lugar do mundo, tem mais relevância, enquanto agente geológico, nos climas úmidos (WICANDER; MONROE, 2009, p.257).

3.2.2 Escorregamentos (*slides*)

Os escorregamentos são classificados de acordo com as características de seu plano de ruptura e tipo de material envolvido no movimento (figura 4). Os planos de ruptura são dois: translacionais e rotacionais; enquanto o material envolvido pode ser o regolito, rocha ou até uma mistura dos dois, e ainda pode ter lixo doméstico em caso de encostas urbanas (FERNANDES; AMARAL, 2000, p.136).

Os escorregamentos rotacionais (*slumps*) apresentam a superfície de ruptura curva (côncava) para cima, um formato de colher, onde o solo tem uma movimentação rotatória em sua descida (FERNANDES; AMARAL, 2000; HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008). “O material em movimento sofre pouca deformação e, em geral, envolve apenas uma ou poucas unidades litológicas, ocorrendo preferencialmente ao longo de superfícies de deslizamento internas” (AHRENDT, 2005, p.13). Esse tipo de escorregamento geralmente acontece em fragmentos pouco consolidados ou desagregados e podem ocorrer em variadas escalas (WICANDER; MONROE, 2009, p.252).

Nos escorregamentos translacionais ou planares, o material se move a partir de uma ruptura plana e, diferentemente dos rotacionais, que alcançam equilíbrio após sua ação, tendem a se estenderem mais, sobretudo nas encostas mais declivosas e longas (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008, p.16). Esse movimento é raso e é bastante influenciado pela água, que age na parte mais superficial e tende a gerar poro-pressão positiva, principalmente em eventos pluviométricos intensos (FERNANDES; AMARAL, 2000, p.141).

3.2.3 Corridas ou Fluxos (*flows*)

Nos movimentos em que o material se move na forma de um fluido viscoso ou tem movimentos plásticos, dá-se o nome de corridas de massa, e a sua velocidade pode variar de muito lenta até muito rápida (WICANDER; MONROE, 2009, p.254). Tais eventos são mais raros que os escorregamentos, mas, devido à sua capacidade de deslocamento e extensão mesmo em áreas planas, são mais destrutivos (RIFELL, 2012, p.15) (figura 4).

As corridas mais simples estão associadas à concentração em excesso de fluxos superficiais de água em um ponto específico da encosta e início de uma ocorrência de fluxo constante do material envolvido (FERNANDES; AMARAL, 2000, p.131). De acordo com Rifell (2012, p.15), esses movimentos, por causa das variadas

velocidades e materiais envolvidos, recebem, nacional e internacionalmente, diversas denominações: corrida de lama, *mud flow*, corrida de detritos, corrida de blocos, *debris flow*.

3.2.4 Quedas

Queda é um tipo de movimento que ocorre quando uma rocha, que foi fragmentada em escarpas íngremes ou em cortes de estrada, cai em queda livre, geralmente em uma velocidade muito alta (WICANDER; MONROE, 2009, p.250). “A massa em queda pode quebrar no impacto, pode iniciar um rolamento em taludes mais íngremes e pode continuar até a cota mais baixa do terreno” (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008, p.9). Além da queda livre, também existe o movimento de rolamento, que ocorre quando um maciço rochoso se movimenta rolando em direção à base da encosta, seja ele despreendido por queda ou movidos após se desassociar de solo ou de um saprólito (figura 4).

A ocorrência das quedas é potencializada pelas descontinuidades das rochas, ou seja, por fraturas ou bandamentos, além de ser favorecida pelos processos de intemperismo químico e físico (FERNANDES; AMARAL, 2000, p.147). As rochas em queda podem causar danos altamente catastróficos. Pode ocorrer em um ambiente em que existem casas abaixo dos paredões rochosos ou os blocos de rochas podem pular ou rolar por distâncias consideráveis, prejudicando estruturas (rodovias, ferrovias, pontes, casas) e tirando vidas humanas (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008, p.9) (figura 4).

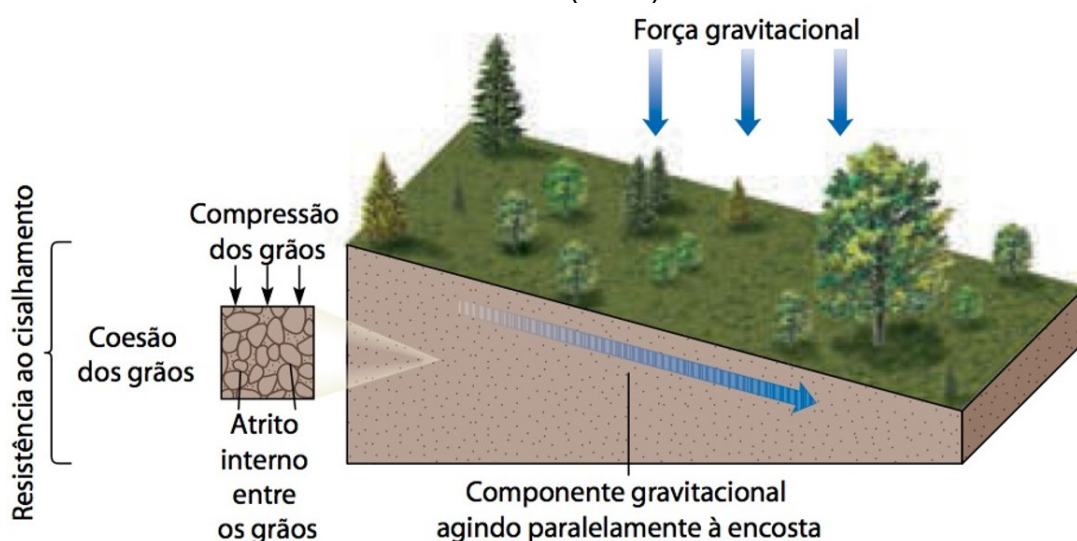
Ainda envolvendo rocha, têm-se o tombamento, que “é identificado por uma rotação frontal de uma massa de solo ou rocha para fora do talude, em torno de um ponto, ou eixo, abaixo do centro de gravidade da massa deslocada” (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008, p.9). Geralmente são mais lentos que quedas e acontecem, sobretudo, em taludes de corte, onde a nova geometria solta as descontinuidades das rochas (RIFELL, 2012, p.15).

3.3 FATORES QUE PODEM INFLUENCIAR OS MOVIMENTOS DE MASSA

Conforme Araujo, Almeida e Guerra (2008, p.103) “a estabilidade das encostas é regulada por variáveis topográficas, geológicas e climáticas que controlam

a força de cisalhamento e a resistência ao cisalhamento de uma encosta”. A resistência ao cisalhamento, que mantém a estabilidade na encosta, é definida pela declividade e a coesão do material presente na encosta, atritos entres os grãos e qualquer tipo de sustentação na parte externa (WICANDER; MONROE, 2009, p.243). Fazendo oposição à resistência está a força da gravidade, que é vertical, mas também detém um componente que trabalha paralelamente à encosta, gerando, dessa forma, instabilidade (WICANDER; MONROE, 2009, p.244) (Figura 5).

Figura 5: Resistência ao cisalhamento e força da gravidade conforme Wicander e Monroe (2009).



Fonte: Wicander e Monroe, 2009.

Um fator importante que contribui para os movimentos é a presença da água, que aumenta sua influência, sobretudo, em eventos pluviométricos extremos. O peso que a água faz sobre a encosta pode ser suficiente para desencadear um movimento de massa, pois a quantidade infiltrada tem a capacidade de fazer os grãos perderem o atrito entre si, o que gera a movimentação da massa (WICANDER, MONROE, 2009, p.254). Uma vez que os materiais que já são consolidados retêm volume considerável de água, a pressão nos poros aumenta, fazendo com que os grãos se separem e causando uma distensão da massa (PRESS *et al.* 2006, p.293).

A declividade, devido à relevância da força gravitacional no processo de desencadeamento, é importante no processo uma vez que a gravidade pode influenciar mais ou menos dependendo do ângulo da encosta. A maior declividade que as encostas podem aguentar sem ir a colapso é o ângulo de repouso

(WICANDER; MONROE, 2009, p.244), que é o “ângulo máximo no qual um plano de material inconsolidado repousa sem desabar” (PRESS *et al.* 2006, p.296).

O intemperismo, que desagrega e decompõe as rochas, tornando-as mais frágeis, também é de suma importância para a geração dos movimentos de massa. “Tão logo as rochas são expostas à superfície da Terra, o intemperismo começa a desintegrá-las e decompô-las, reduzindo sua resistência ao cisalhamento e aumentando sua suscetibilidade à movimentação gravitacional de massa” (WICANDER; MONROE, 2009, p.245). As falhas, as fraturas tectônicas e de alívio de tensão e os bandamentos composicionais favorecem o processo de intemperismo para o interior da rocha, formando frentes de intemperismo. Como resultado se tem blocos individualizados e não alterados envoltos em uma massa mais intemperizada (FERNANDES; AMARAL, 2000, p.152).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa se utilizou do método hipotético-dedutivo e, além disso, fez-se um levantamento bibliográfico, no qual foram utilizados autores com obras relevantes sobre o tema abordado, como Penteado (1974), Christofolletti (1980) Fernandes e Amaral (2000), Wicander e Monroe (2009) e Guerra (2016).

Para atingir os objetivos da pesquisa, também se utilizou a pesquisa de campo, uma vez que nela, segundo Severino (2000), o objeto é estudado no seu meio ambiente próprio e os dados são coletados nas condições naturais em que os eventos ocorrem.

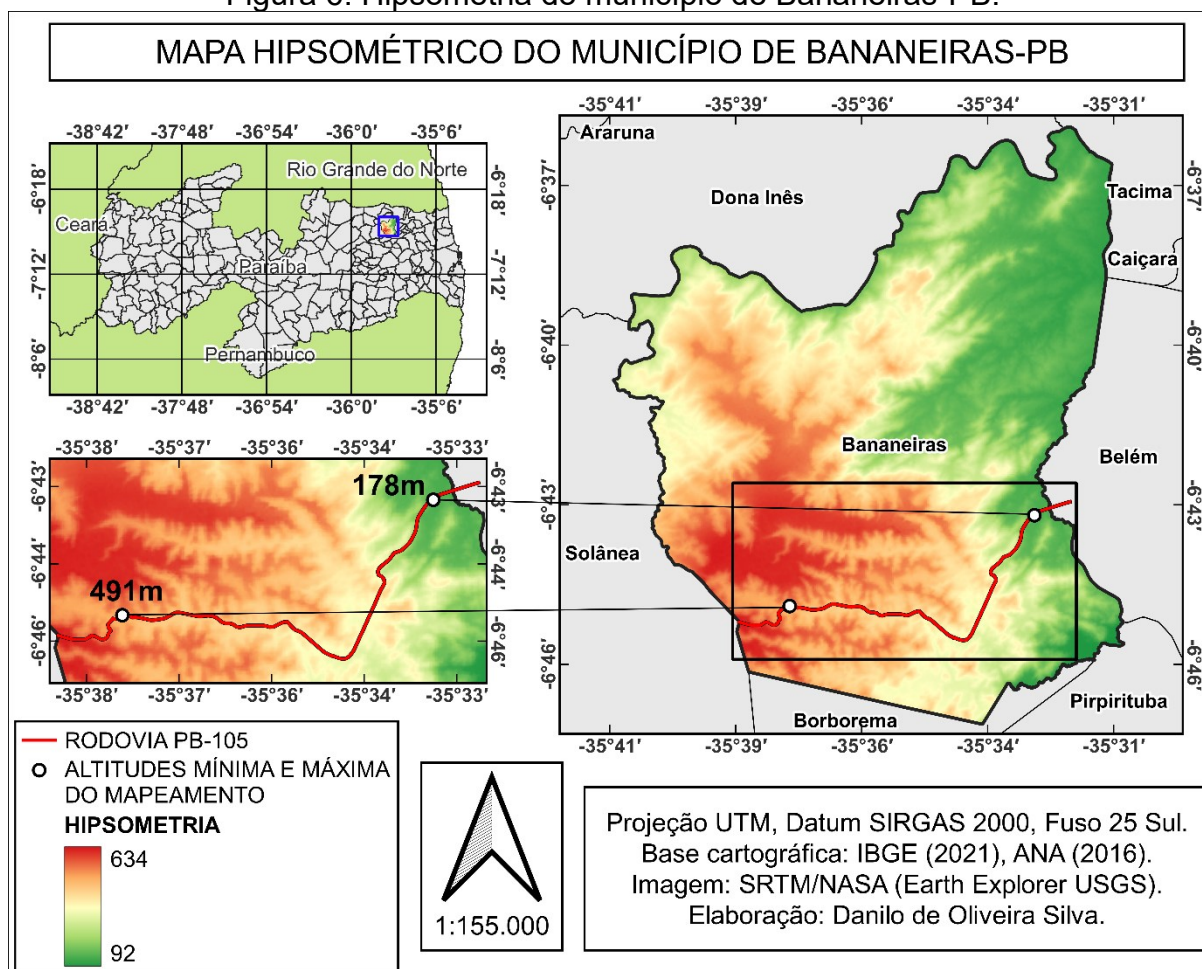
Foram realizados quatro campos com o objetivo de conhecer melhor a área de estudo e identificar os tipos de movimentos de massa e os locais em que ocorreram. Além disso, na pesquisa de campo, também foi realizada a identificação dos locais em que há a possibilidade de eventos futuros de movimentos de massa.

Nos campos realizados, os materiais utilizados foram celulares, drone e um aparelho GPS *Garmin Etrex 30x* para o mapeamento. E para a produção dos mapas utilizados foi usado o *software* QGIS na sua versão 3.22.10.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O percurso estudado neste trabalho apresentou variação de altitude com aumento no sentido Rua Nova-Bananeiras, pois está em uma região serrana em um trajeto de subida da borda oriental do Planalto da Borborema. No município de Bananeiras-PB, de acordo com o mapa hipsométrico gerado, as cotas de altitude vão de 92 até 634 metros, enquanto a altitude no primeiro ponto mapeado em campo (placa de sinalização) é de 178 metros e máxima chegou a 491 metros (figura 6).

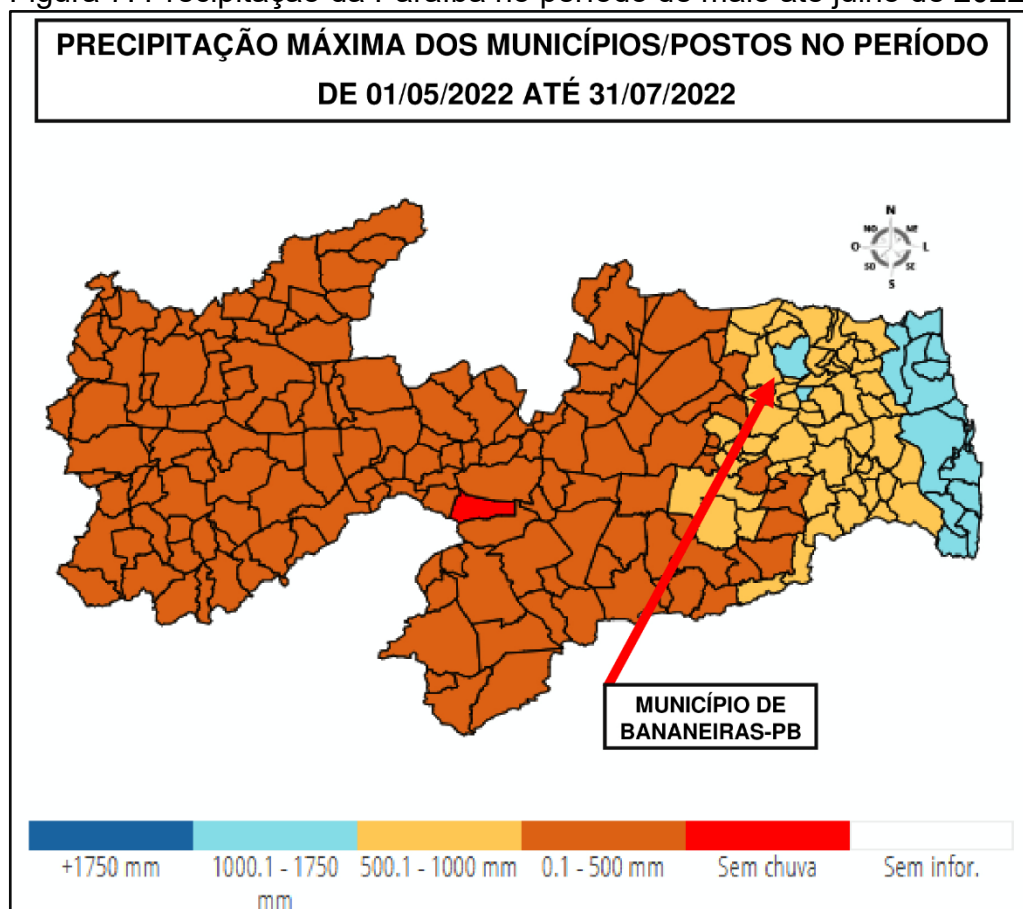
Figura 6: Hipsometria do município de Bananeiras-PB.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

No trecho observado, foi possível encontrar uma série de cicatrizes de movimentos de massa de variadas características. Tais movimentos ocorreram após as chuvas de 2022, a partir do início do mês de maio até o final do mês de julho, que, de acordo com dados da Agência Executiva de Gestão das Águas (AESAs), somou um total de 1106 milímetros (Figura 7), chegando ao mesmo patamar da região litorânea, que, segundo Francisco e Santos (2017, p.31), é a zona de maior índice pluviométrico do estado da Paraíba.

Figura 7: Precipitação da Paraíba no período de maio até julho de 2022.



Fonte: Adaptado de AESA, 2022.

Quando os movimentos ocorrem, causam uma grande mudança na paisagem das vertentes, deixando cicatrizes (PRESS et. al. 2008, p.292). As características dos movimentos vistos apresentaram diferenças em relação ao tipo de material envolvido, declividade e extensão. Foram encontradas cicatrizes envolvendo solo, outras somente com rocha e, em alguns pontos, os dois associados.

Os pontos onde ocorreram os movimentos de massa são cortes de solo e de rochas presentes em grande parte do percurso da rodovia PB-105, no trecho estudado. Ao sofrerem cortes, assim sofrendo mudanças nas suas características naturais, as vertentes onde se localiza a citada rodovia passaram a ter taludes com declividade elevada e até totalmente verticais, e, por esse motivo, essa região se tornou mais suscetível aos movimentos gravitacionais de massa (figura 8).

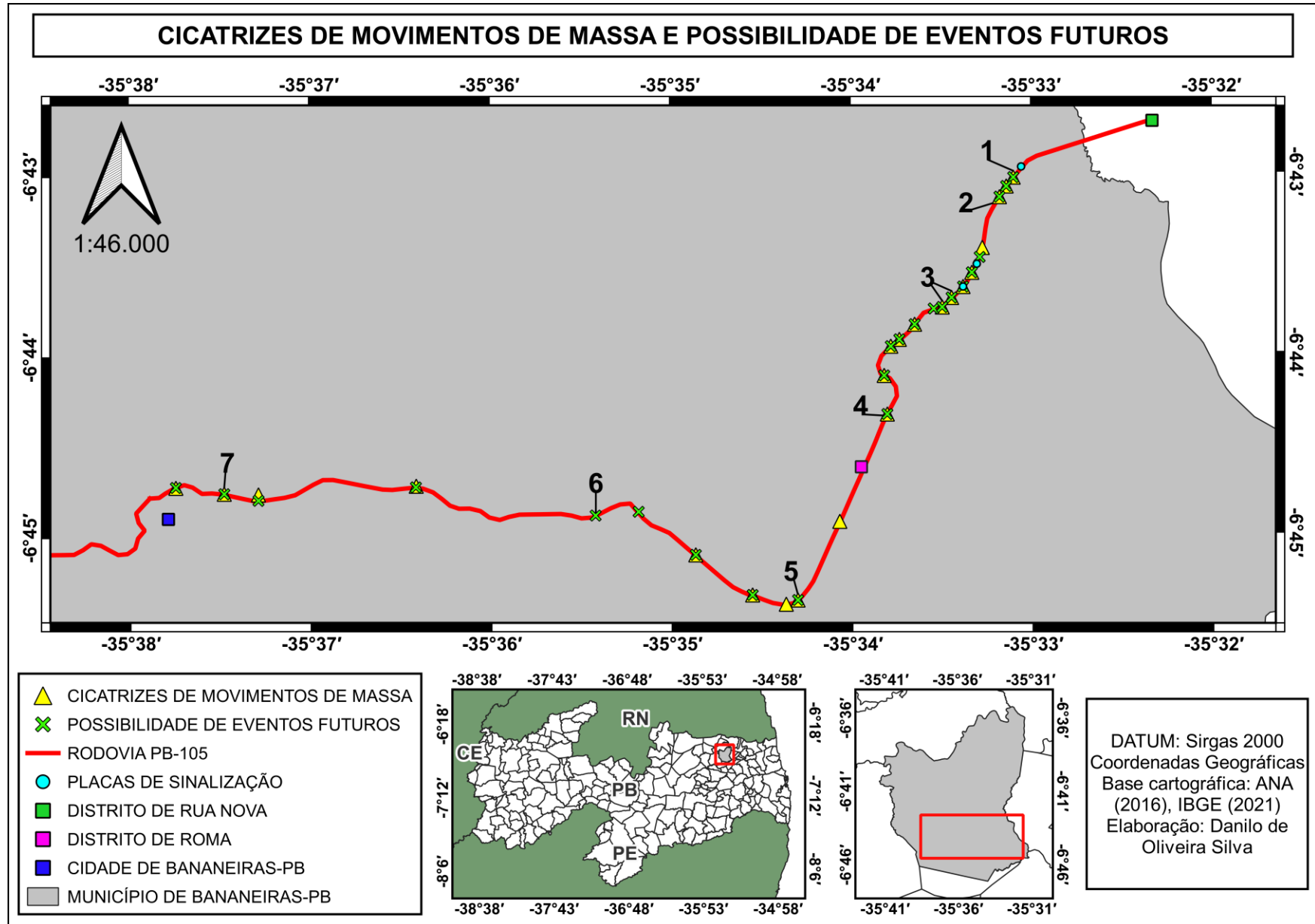
Figura 8: Fotografia aérea de trecho da Rodovia PB-105 cortando vertente, entre os distritos de Rua Nova e Roma.



Fonte: Ivanildo Costa da Silva, 2022.

É importante ressaltar que, em muitos trechos, os pontos de cicatrizes e de possibilidades de movimentos de massa se encontravam muito próximos, sendo assim, para fins de melhor visualização da representação cartográfica, alguns pontos no mapa representam áreas que podem apresentar mais de uma cicatriz ou chance de evento futuro (figura 9). As áreas numeradas no mapa da figura 9 serão abordadas neste trabalho. Elas são alguns dos trechos mais relevantes encontrados no percurso.

Figura 9: Mapa das áreas de cicatrizes e possibilidade de movimentos de massa futuros na Rodovia PB-105, entre o distrito de Rua Nova e a cidade de Bananeiras-PB.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

As placas de sinalização instaladas pelo Departamento de Estradas de Rodagem da Paraíba (DER-PB), após os movimentos ocorridos este ano, estão presentes na parte do trajeto entre os distritos de Rua Nova e Roma (figura 10), que é onde a pesquisa constatou ser a área mais crítica, ou seja, onde existem mais cicatrizes e possibilidade de eventos futuros (figura 9). Entre Rua Nova e Roma, foram mapeadas 13 áreas de cicatrizes e 14 de chance de eventos futuros, enquanto entre Roma e a cidade de Bananeiras-PB, existem 9 áreas de cicatrizes e 9 de possibilidade de eventos futuros.

Figura 10: Placa de sinalização de área de risco localizada próxima ao distrito de Rua Nova.



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Com base no que foi visto em campo, a deflagração dos movimentos se deu em função de uma série de fatores que atuaram em conjunto: a declividade elevada, o grau de intemperismo presente nas rochas que se movimentaram, a excessiva quantidade de água que os pontos analisados receberam e, em alguns casos, o peso que a vegetação gerou.

Foram mapeadas 22 áreas de movimentos de massa pretéritos ao longo do trecho investigado. Dentro das áreas citadas e mostradas no mapa da figura 9 foram identificadas, ao todo, 36 cicatrizes, sendo 21 de escorregamentos translacionais ou planares, 3 de rolamentos, 8 de quedas de blocos, 2 de escorregamentos rotacionais e 2 de movimento complexo (quadro 1).

Quadro 1: Áreas de cicatrizes de movimentos de massa e possibilidade de eventos futuros mapeadas em campo.

COORDENADAS GEOGRÁFICAS	CONTEÚDO	POSSIBILIDADE DE EVENTOS FUTUROS
6°43'28.0"S, 35°33'06.0"O	1 queda de bloco	SIM
6°43'31.0"S, 35°33'08.4"O	1 rolamento	SIM
6°43'34.6"S, 35°33'10.7"O	1 queda de bloco	SIM
6°43'51.8"S, 35°33'16.6"O	1 Escorregamento planar; 1 queda de bloco	NÃO
6°43'55.0"S, 35°33'17.5"O	ÁREA SUSCETÍVEL	SIM
6°44'00.2"S, 35°33'20.2"O	1 queda de bloco	SIM
6°44'05.0"S, 35°33'23.2"O	1 Escorregamento planar; 1 queda de bloco	SIM
6°44'11.9"S, 35°33'30.3"O 6°44'08.7"S, 35°33'27.1"O	3 quedas de blocos; 1 escorregamento planar; 1 escorregamento rotacional; 1 rolamento	SIM
6°44'12.4"S, 35°33'33.2"O	ÁREA SUSCETÍVEL	SIM
6°44'17.7"S, 35°33'39.7"O	1 escorregamento planar	SIM
6°44'22.8"S, 35°33'44.9"O	1 movimento gravitacional complexo; 1 escorregamento planar	SIM
6°44'25.1"S, 35°33'47.8"O	2 escorregamentos planares	SIM
6°44'35.0"S, 35°33'50.1"O	1 rolamento	SIM
6°44'48.1"S, 35°33'49.1"O	2 escorregamentos planares	SIM
6°45'24.4"S, 35°34'05.4"O	3 escorregamentos planares	NÃO
6°45'51.0"S, 35°34'19.7"O	2 escorregamentos planares	SIM
6°45'52.4"S, 35°34'23.7"O	1 escorregamento planar	NÃO
6°45'49.2"S, 35°34'35.1"O	2 escorregamentos planares	SIM
6°45'35.5"S, 35°34'54.3"O	1 escorregamento planar	SIM
6°45'20.8"S, 35°35'13.6"O	ÁREA SUSCETÍVEL	SIM
6°45'22.0"S, 35°35'28.2"O	ÁREA SUSCETÍVEL	SIM
6°45'13.8"S, 35°36'28.7"O	1 movimento gravitacional complexo	SIM
6°45'16.4"S, 35°37'22.5"O	1 escorregamento planar	SIM
6°45'14.1"S, 35°37'34.1"O	1 escorregamento planar	SIM
6°45'11.9"S, 35°37'50.5"O	1 escorregamento planar; 1 escorregamento rotacional	SIM

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

A maioria dos movimentos encontrados são escorregamentos translacionais que apresentam superfície de ruptura plana e tamanhos diversos. Em muitos casos, há presença da vegetação que se movimentou com o solo. Algumas das cicatrizes contam com blocos de rochas que deslizaram até a base do talude e outros que ficaram no meio do escorregamento, o que indica possibilidade de outro movimento

de massa futuramente. Apesar da quantidade encontrada desse tipo de escorregamento, somente 2 escorregamentos rotacionais foram registrados.

Além dos escorregamentos, também foram identificadas cicatrizes de quedas de bloco e rolamentos de bloco. As rochas envolvidas variam de centímetros até metros e a maioria apresenta xistosidade. Na maior parte dos locais de quedas, foram encontradas rochas fraturadas e com presença do processo de intemperismo que, com presença de água e declividade, tornaram-se suscetíveis.

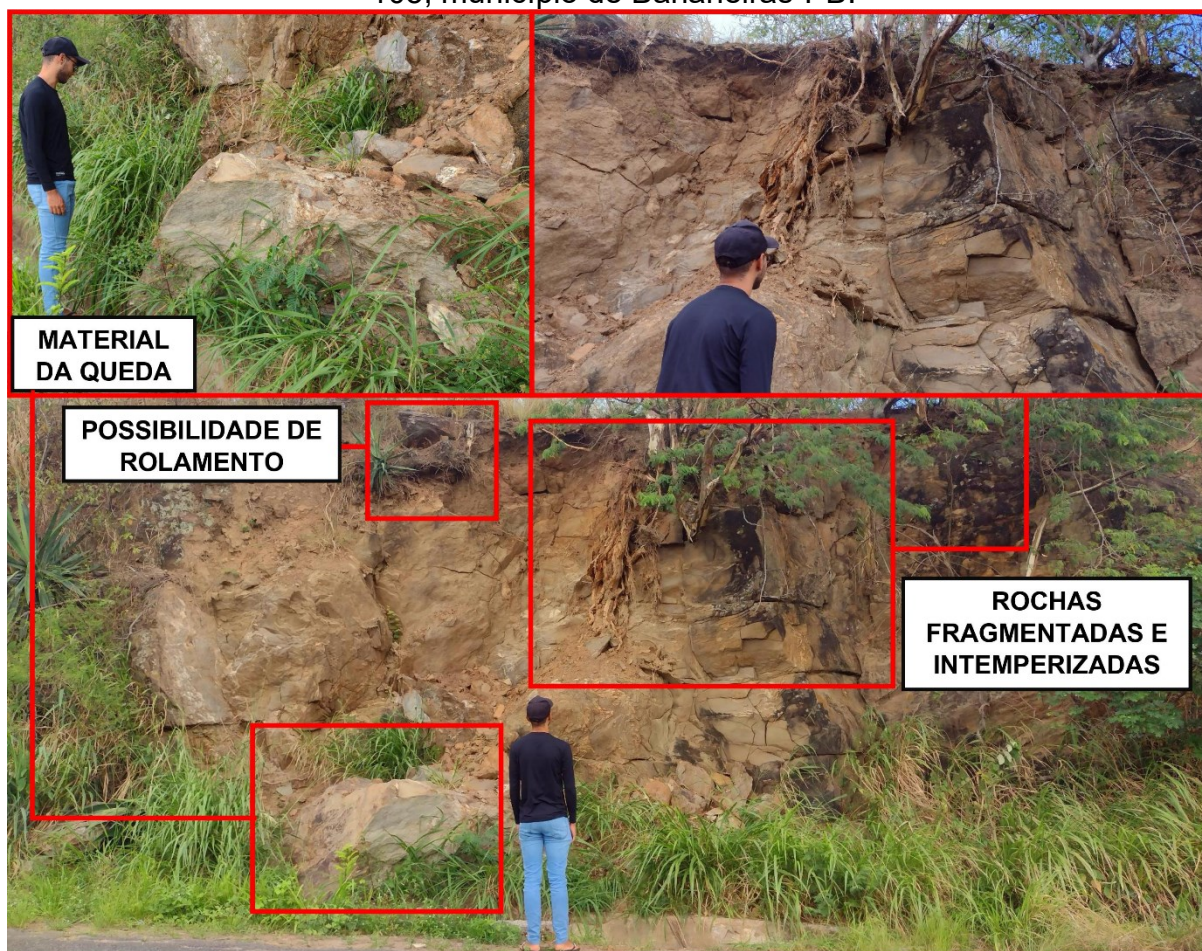
Além dos pontos de cicatrizes, foram mapeadas 23 áreas que apresentam 33 pontos de possibilidade de movimentos de massa futuros em razão das suas condições físicas. Tais áreas se apresentam suscetíveis, pois apresentam declividade igual ou superior às das cicatrizes e muitas detêm o mesmo material de áreas onde ocorreram movimentos.

Foram vistos não só blocos instáveis como também áreas de solo com declividade acentuada e muito próximas a cicatrizes que apresentam árvores inclinadas e pequenos movimentos de partículas de solo, o que denuncia que são zonas instáveis que podem gerar movimentos.

5.1 PRINCIPAIS PONTOS ANALISADOS EM CAMPO

Nas coordenadas 6°43'28.0"S, 35°33'06.0"O, ponto 1 da figura 9 (p. 23), que é a primeira área no sentido Rua Nova-Bananeiras, tem-se feições indicativas de queda de blocos. Tal cicatriz apresenta rochas deterioradas que sofreram intemperismo, tendo em vista o grau de fragmentação, deslocamento e a vulnerabilidade em que se encontram. Raízes de árvores se encontram estabelecidas entre fendas nas rochas e podem ter influenciado o processo de deflagração deste movimento de massa. Na base da cicatriz ainda se encontra o material de fragmentos rochosos que se desvinculou da encosta rochosa, o que comprova a ocorrência da queda (figura 11).

Figura 11: Cicatriz de movimento de massa do tipo queda de blocos na Rodovia PB-105, município de Bananeiras-PB.



Fonte: Acervo do autor, 2022.

“A estabilidade das encostas rochosas depende do intemperismo e do grau de fragmentação do material” (GROTZINGER; JORDAN, 2013, p.456-457). A cicatriz citada se configura, portanto, como um ponto de possibilidade de um futuro evento de movimento de massa, uma vez que apresenta blocos rochosos intemperizados e com considerável número de fragmentos que estão parcialmente presos na encosta, o que torna esse ponto um local instável que pode ser cenário de outras quedas de blocos. Além disso, a rocha que se localiza no topo da cicatriz tem grande chance de sofrer um movimento de rolamento, pois se encontra rente à encosta íngreme e sobre o solo, bastando o incremento de água no sistema para potencializar a instabilidade.

A cicatriz das coordenadas 6°43'34.6"S, 35°33'10.7"O, ponto 2 da figura 9 (p. 23), é de queda de bloco. “A queda sempre ocorre por um desequilíbrio do corpo rochoso, deflagrado por presença de água ou movimentos de solo” (CARVALHO; MACEDO; OGURA, 2007 p.76). Foi possível constatar em campo que houve diversas quedas na encosta em questão, porém não muito grandes. Apesar de serem

menores, as rochas que despencaram apresentam as mesmas características de outras quedas do percurso, como, por exemplo, fragmentação excessiva e rochas suscetíveis e deterioradas pelo intemperismo (figura 12). Algumas das rochas da cicatriz apresentam foliação típica de rochas metamórficas que possibilitou a queda pelo deslocamento das camadas.

Figura 12: Cicatriz de queda de blocos encontrada na Rodovia PB-105, entre os distritos de Rua Nova e Roma.



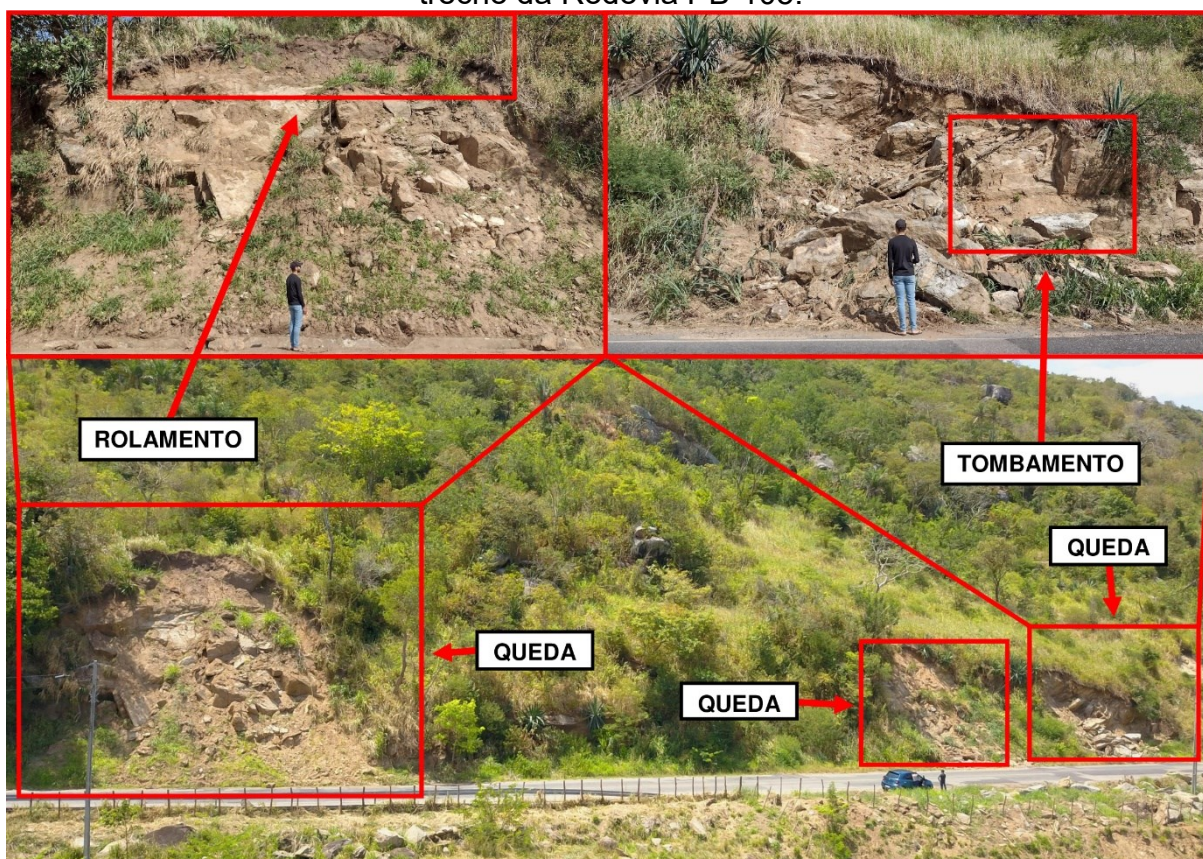
Fonte: Acervo do autor, 2022.

As rochas dessa cicatriz, por estarem deterioradas, podem gerar outras quedas pequenas. Além disso, existem rochas em evidência e algumas escondidas pela vegetação localizadas sobre a cicatriz, onde se encontram sobre solo e sobre as rochas intemperizadas, podendo ser alvos do processo de rolamento, uma vez que estão com uma base de sustentação instável.

Entre as coordenadas $6^{\circ}44'11.9''S$, $35^{\circ}33'30.3''O$ e $6^{\circ}44'08.7''S$, $35^{\circ}33'27.1''O$, ponto 3 da figura 9 (p. 23), foram encontradas seis cicatrizes, onde cinco são algumas das mais significativas de todo o percurso (figura 13). Dentro das cinco citadas, existem quedas de blocos, tombamento, rolamento de rocha e escorregamento rotacional. A cicatriz da direita da figura 13 é de uma queda de blocos em que as rochas apresentam foliação de rocha metamórfica e se encontram degradadas em função do intemperismo químico.

As rochas intemperizadas, após a entrada da água aumentar o peso no local, moveram-se em fragmentos de tamanhos diferentes. Em um ponto dentro da cicatriz, foi possível identificar que houve um movimento de tombamento devido ao mergulho da rocha estar praticamente na vertical, fazendo com que a rocha tombasse pela sua característica de foliação.

Figura 13: Fotografia aérea mostrando cicatrizes de movimentos de massa em trecho da Rodovia PB-105.



Fonte: Ivanildo Costa da Silva, 2022.

A cicatriz do meio é de uma queda de blocos que ocorreu pelas mesmas características da queda citada anteriormente: declividade em razão do corte para a obra da rodovia, o mesmo tipo de rocha (gnaisse) e a presença de deterioração por intemperismo.

Já as cicatrizes à esquerda se tratam de uma reativação de zona de um movimento antigo. De acordo com imagens do Google *Street View*, no ano de 2012, já havia ocorrido no local uma queda de blocos. Este ano, por estar instável, a área teve um novo movimento por causa da pluviometria já discutida neste trabalho, que fez com que houvesse nova queda de blocos e também rolamento de quatro grandes

rochas que se encontravam acima da cicatriz antiga. O cenário dos rolamentos contendo as rochas não foi preservado, pois elas caíram sobre a rodovia e precisaram ser removidas para a continuação do tráfego.

Ainda entre as coordenadas citadas, foram encontrados um movimento de escorregamento translacional com características comuns e um escorregamento rotacional. No que se refere ao rotacional, foi localizado no lado oposto aos movimentos ocorridos na rodovia e foi identificado pela superfície côncava para cima e por um degrau de abatimento que desnivelou o solo (figura 14).

Figura 14: Cicatriz de movimento de massa do tipo escorregamento rotacional identificada na margem da Rodovia PB-105, município de Bananeiras-PB.



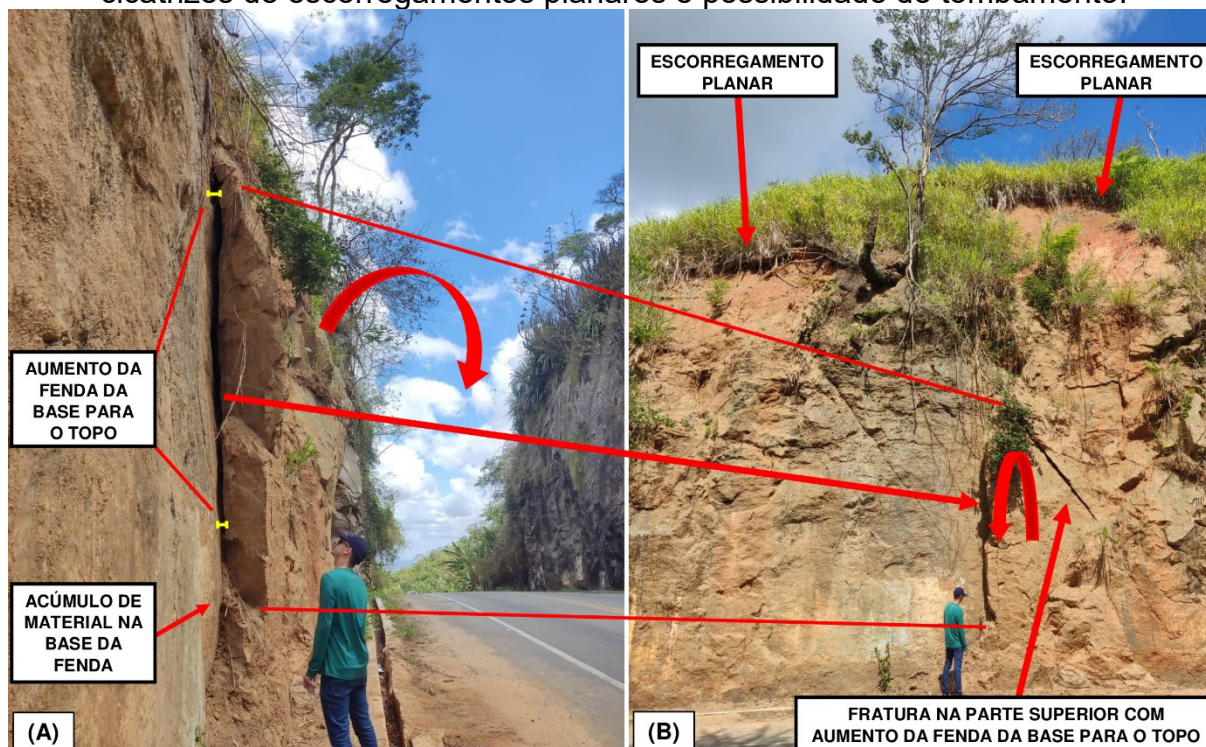
Fonte: Ivanildo Costa da Silva, 2022.

A cicatriz de escorregamento rotacional está próxima à Rodovia PB-105 e o movimento pode ter sido influenciado pela água que veio do outro lado da rodovia por um mecanismo de escoamento de águas pluviais, pois, abaixo da cicatriz, foram encontrados tubos de concreto que cederam junto ao movimento da encosta.

A área das cicatrizes citadas apresenta quatro pontos de possibilidade de movimentos de massa futuros. Nas quedas, existe a possibilidade de reativação das cicatrizes, isto porque existem rochas ainda parcialmente presas que podem se movimentar caindo ou rolando na direção da rodovia. No caso da cicatriz do movimento de escorregamento rotacional, também há chance de ocorrer mais movimentação do material. O fato da erosão presente na cicatriz, juntamente com o degrau de abatimento, a espessa massa de solo e a declividade elevada, pode resultar em um movimento de massa que pode levar ao rompimento de parte da rodovia, o que poderia gerar uma catástrofe em caso de presença humana.

Nas coordenadas 6°44'48.1''S, 35°33'49.1''O, ponto 4 da figura 9 (p. 23), foram identificadas duas cicatrizes de escorregamentos planares que ocorreram em uma massa de solo que se encontra sobre um paredão rochoso íngreme, que se localiza próximo ao distrito de Roma (figura 15). São cicatrizes relativamente pequenas e rasas e que transportaram material até a base do paredão.

Figura 15: Paredão rochoso localizado próximo ao distrito de Roma apresentando cicatrizes de escorregamentos planares e possibilidade de tombamento.



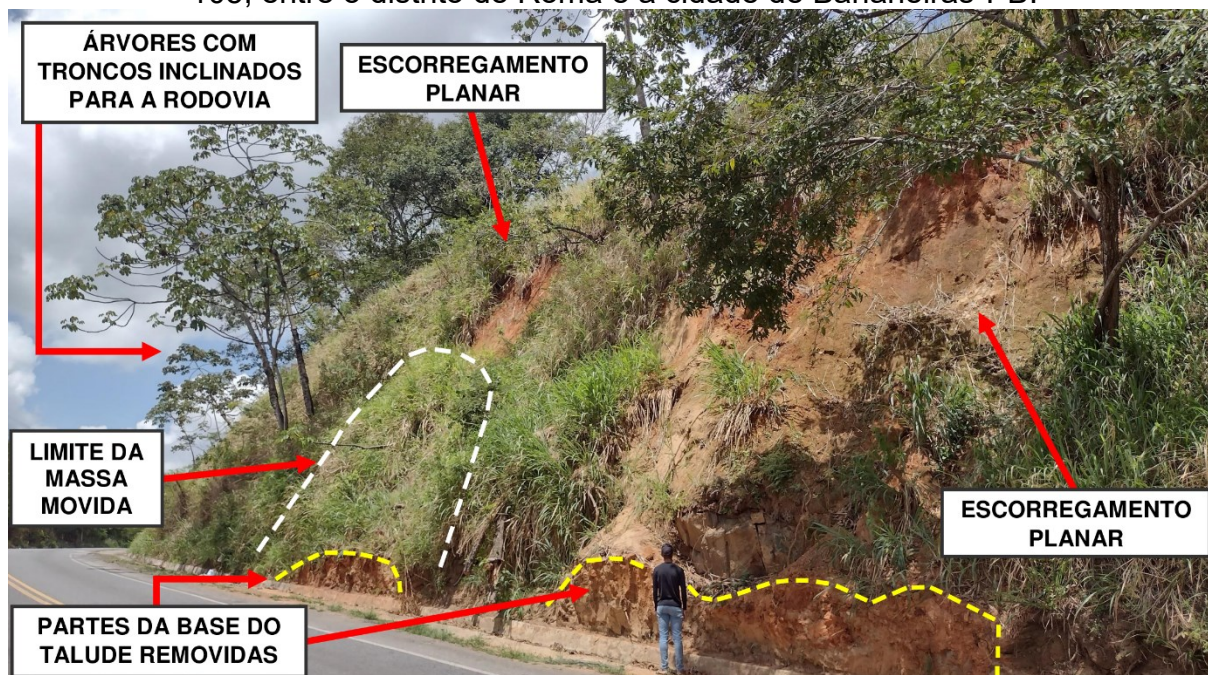
Fonte: Ivanildo Costa da Silva, 2022.

Nas cicatrizes em questão, existe chance de novos movimentos de massa que podem movimentar até mesmo a árvore que se encontra entre elas. Além disso,

no paredão rochoso, há possibilidade de um movimento de tombamento (figura 15). O bloco de rocha que pode deflagrar esse movimento apresenta uma fratura que o está desvinculando do paredão, pois há aumento da fenda da base para o topo. Caso o acúmulo de material proveniente da massa de solo sobre o paredão continue, o que é a tendência, pode aumentar a tensão e o peso, assim como a presença da água, e influenciar no processo de tombamento do bloco.

Duas cicatrizes de escorregamentos planares foram encontradas entre o distrito de Roma e a cidade de Bananeiras-PB, nas coordenadas 6°45'51.0"S, 35°34'19.7"O, ponto 5 da figura 9 (p. 23). Essas, assim como as outras desse tipo encontradas Rodovia PB-105, detêm ruptura plana, mas a quantidade do material movido, nesse caso o solo, não foi tão grande. Na base da encosta são encontradas algumas rochas quebradas e com marcas do corte para a construção da rodovia. Abaixo da cicatriz à esquerda, possível de se enxergar na figura 16, se encontra a massa de solo que se deslocou. Além disso, na retirada do material de solo que se moveu no sentido da rodovia, partes da base do talude sofreram cortes verticais que podem enfraquecer a sustentação do material da parte superior (figura 16).

Figura 16: Cicatrizes de escorregamentos planares em área instável na Rodovia PB-105, entre o distrito de Roma e a cidade de Bananeiras-PB.



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Ainda possível de se visualizar na figura 16, o local à esquerda das cicatrizes apresenta árvores com troncos inclinados para a rodovia, as mesmas características de solo e grau de declividade e movimentos pequenos de parte do solo. Mais à frente na rodovia, no sentido Rua Nova-Bananeiras, existe um ponto de cicatriz de escorregamento planar onde uma árvore que se moveu, juntamente com o talude, provocou um acidente de carro com vítima fatal (figura 17). As características físicas citadas, somadas ao fato dos movimentos já ocorridos, fazem com que toda essa zona seja classificada neste trabalho como uma área onde há possibilidade de futuros movimentos de massa e um dos locais mais críticos pelo risco que oferece.

Figura 17: Acidente com vítima fatal provocado por árvore que se moveu junto ao solo na Rodovia PB-105, entre o distrito de Roma e a cidade de Bananeiras-PB.



Fonte: Portal do Brejo, 2022.¹

Nas coordenadas 6°45'22.0"S, 35°35'28.2"O, ponto 6 no mapa da figura 9 (p. 23), uma área específica e única no percurso, onde houve corte da encosta, foi possível identificar que existe um ponto de chance de ocorrer um movimento de massa sobre um local habitado (figura 18). Trata-se de uma casa que pode ser atingida por uma massa de solo com altura superior à da residência. Caso haja um movimento que

¹ Disponível em: <https://portaldobrejo.com.br>.

carregue parte considerável da massa de solo, pode haver dano à residência ou atingir os seus moradores.

Figura 18: Chance de movimento de massa futuro em local habitado.



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Na área das coordenadas $6^{\circ}45'14.1''S$, $35^{\circ}37'34.1''O$, ponto 7 da figura 9 (p. 23), há uma cicatriz de um escorregamento translacional (planar) (figura 19). O movimento ocorreu por causa do aumento da pressão nos poros do solo provocada pelas chuvas. A superfície de ruptura é plana, o ângulo do corte é alto e a massa de solo movida é significativa, o que torna essa cicatriz uma das maiores encontradas no percurso investigado. No meio dela, existem rochas que deslizaram com o solo. O topo dessa cicatriz, pela razão de a camada mais superficial do solo ter sido segurada pelas raízes da vegetação presente, está para frente, podendo sofrer movimento no próximo período chuvoso.

Figura 19: Cicatriz de escorregamento translacional.



Fonte: acervo do autor, 2022.

Existe a possibilidade de haver outro escorregamento planar devido a ser um corte com grande inclinação e com camada de solo espessa, assim como o fato de o local estar desprovido de vegetação, também corrobora a ocorrência de um novo movimento, pois as raízes geralmente seguram o solo e aumentam a resistência ao cisalhamento. A mesma cicatriz ainda está suscetível a rolamento de uma rocha presa ao solo e, ao seu lado esquerdo, existe uma rocha fragmentada que pode gerar uma queda.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da pesquisa mostram que os movimentos de massa ocorridos ao longo do percurso da rodovia PB-105, no município de Bananeiras-PB, ocorreram em função de uma combinação de fatores, desde naturais até antrópicos. As chuvas ocorridas de maio a julho de 2022, os cortes nas vertentes para a construção da rodovia e as condições de intemperismo nas rochas foram responsáveis pelo desencadeamento dos movimentos de massa nas áreas investigadas.

A interferência humana no ambiente natural para a construção da rodovia que liga o distrito de Rua Nova à cidade de Bananeiras-PB não só fortaleceu a ocorrência dos movimentos de massa, como também tornou o percurso instável pelo fato de ter fragmentado rochas e produzido taludes de corte íngremes, onde existe chance de novos movimentos de rochas e massas de solo que podem ocorrer sobre veículos ou prejudicar o tráfego da rodovia em questão.

Sabe-se que o município de Bananeiras-PB tem considerável parte de sua economia voltada para o turismo, que tem suas atividades aumentadas nessa região serrana no período chuvoso, em razão da diminuição da temperatura. Portanto, no período em que mais chove no município é quando se recebe uma grande quantidade de turistas, o que significa aumento significativo no fluxo de veículos na rodovia PB-105.

Com base no que foi apresentado, faz-se necessário que alguma medida seja tomada por parte dos órgãos encarregados de evitar desastres naturais até o próximo período chuvoso. Levando em consideração a situação dos pontos de possibilidade de movimentos de massa futuros analisados em campo, há algumas medidas que podem ser colocadas em prática, como, por exemplo, retirar os blocos instáveis que estão parcialmente presos nas encostas ou se encontram sobre elas, inserir lonas impermeáveis para evitar a saturação do solo pela água e realizar o corte das árvores em zonas instáveis para evitar novos acidentes e paralisações do tráfego na Rodovia PB-105. Além das ações citadas, também é válido aumentar a sinalização com placas, tendo em vista que a sinalização existente se concentra somente entre os distritos de Rua Nova e Roma.

REFERÊNCIAS

- AHRENDT, A. (2005) **Movimentos de massa gravitacionais – proposta de um sistema de previsão**: aplicação na área urbana de Campos do Jordão – SP. 360p. Tese (doutorado) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.
- ARAUJO, G.H de; ALMEIDA, J.R de; GUERRA, A.J.T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 322p.
- ARRUDA L.V.; RODRIGUES L.P.M.; SILVA I.C.; SOUZA R.S. Configuração geoambiental e dinâmica do espaço agrário atual do Brejo Paraibano (PB), Paraíba, Brasil. **Ciência Geográfica**, Bauru, V. XXV, n. 1, p. 72-102, jan./dez. 2022. Disponível em: https://www.agbbauru.org.br/revista_xxvi_1.html. Acesso em: 15 set. 2022.
- CARVALHO C.S; MACEDO E.S; OGURA A.T. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Blucher, 1980. 188p.
- CPRM. **Diagnóstico Hídrico do Município de Bananeiras**. CPRM/PRODEEM, 2005.
- FERNANDES, N.F.; AMARAL, C.P. Movimentos de Massa: Uma abordagem geológico-geomorfológico. In: GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. (orgs). **Geomorfologia e meio ambiente**. 3.ed Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. p. 123-182.
- FRANCISCO, P.R.M.; SANTOS, D. **Climatologia do Estado da Paraíba**. Campina Grande: EDUFPG, 2017. 75p.
- GROTZINGER J.; JORDAN T. **Para entender a terra**. 6ª edição. Tradução: Iuri Duquia Abreu. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- GUERRA, A.J.T. **Erosão dos Solos e Movimentos de Massa: abordagens geográficas**. Curitiba: CRV, 2016. 220p.
- HÉTU, B. Uma geomorfologia socialmente útil: os riscos naturais em evidência. **Mercator**, ano 02, n. 03, p. 84-97, 2003.
- HIGHLAND, L.M.; BOBROWSKY, P., **The landslide handbook: A guide to understanding landslides**. Reston: U.S. Geological Survey Circular 1325, 2008. 129p.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias** – 2017. Coordenação de Geografia. Rio de Janeiro. IBGE, 2017, 82 p.

LARSEN, M.C.; PARKS, J.E. How Wide Is a Road? The Association of Roads and Mass-wasting in a Forested Montane Environment. **Earth Surface Processes and Landforms**, vol. 22, p. 835-848, 1997.

LOPES, E.S.S. **Modelagem espacial dinâmica aplicada ao estudo de movimentos de massa em uma região da Serra do Mar Paulista, na escala de 1:10.000**. 2006. 282p. Tese (doutorado) Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

LYONS, S.E; ROSS, R.M. Earth Hazards of the South Central US. In: LUCAS, M.D; ROSS, R.M.; SWABY, A.N. **The Teacher-Friendly Guide to the Earth Science of the South Central US**. Ithaca: Paleontological Research Institution, 2015. 301-339.

PENTEADO M.M. **Fundamentos de Geomorfologia**. Rio de Janeiro, IBGE, 1974. 158p.

PRESS, F.; SILVER, R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T.H. **Para Entender a Terra**. 4ª edição. Tradução: MENEGGER, R. Porto Alegre: Bookman, 2006. 656p.

RIFELL, E.S. (2022) **Análise e mapeamento das ocorrências de movimentos de massa na bacia hidrográfica do Rio Paranhana (RS)**. 105p. Dissertação (mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SEVERINO, A.J. **Metodologia do Trabalho Científico**. São Paulo: Cortez, 2013. 272p.

SILVA, I. C. **Geomorfologia, hidrografia e tectônica da folha Araçaji 1:25.000, estado da Paraíba**. 2014. 143p. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 3ª edição. São Paulo: Instituto Geológico, 2015. 196p.

WICANDER. R.; MONROE, J.S.; PETERS, K. **Fundamentos de Geologia**. Tradução e adaptação: CARNEIRO, M. A. São Paulo: Cengage Learning, 2009. 508p.