



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE

GEOMORFOLOGIA

A SUSCETIBILIDADE A PROCESSOS DE ESCORREGAMENTOS NO

MUNICÍPIO DE ABREU E LIMA - PE

Bárbara Gabrielly Silva Barbosa ¹

Caio Maurício Eurico de Oliveira ²

Ivanna Nunes Monterazo Silva ³

Fabrizio de Luiz Rosito Listo ⁴

Danielle Gomes da Silva Listo ⁵

Carlos de Oliveira Bispo ⁶

RESUMO

Nas últimas décadas, os escorregamentos têm causado milhares de mortes e prejuízos econômicos significativos em várias partes do mundo, despertando crescente preocupação entre pesquisadores e gestores públicos. No Brasil, entre 1988 e 2022, foram registradas 4.146 mortes associadas a esses eventos, sendo 130 apenas em 2022 na Região Metropolitana do Recife (RMR). O município de Abreu e Lima, situado na RMR, embora apresente características topográficas que favorecem ocupações urbanas, ainda convive com o risco de escorregamentos. Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar os parâmetros físicos da área e identificar as zonas mais suscetíveis a esses desastres, culminando na elaboração de um mapa de risco. A justificativa para o trabalho consiste na necessidade de atualização do mapeamento de áreas de risco, como medida preventiva para a mitigação de futuros eventos. As bases cartográficas utilizadas foram obtidas em plataformas como IBGE, *Alos Palsar* e *AdaptaBrasil*, servindo de suporte para a produção de mapas topográficos de hipsometria, declividade e curvatura, além de mapas temáticos de geologia, pedologia e suscetibilidade a escorregamentos. A análise integrada desses produtos resultou em um mapa de setores de risco, com a classificação de 65 setores: 15 de risco baixo, 27 de risco médio, 20 de risco alto e 3 de risco muito alto. Como resultados do estudo em uma análise conjunta, foi possível observar que o risco no município de Abreu e Lima está diretamente associado às autoconstruções feitas de maneira inadequada. Desse modo, para mitigar os riscos enfrentados e reduzir o grau de vulnerabilidade é fundamental a realização de obras de contenção de encostas considerando as Soluções Baseadas na Natureza (SBN) além de promover a participação social por meio da sensibilização, preparação para evacuação em situações de emergência dos mapeamentos participativos.

Palavras-chave: Geomorfologia, Mapeamento, Setores de risco.

¹ Doutoranda do Curso de Geografia do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Docente na rede estadual de Pernambuco - SEEPE, barbosgbarbara@gmail.com;

² Mestrando do Curso de Engenharia Cartográfica do Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação da Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, caio.mauricio@ufpe.br;

³ Mestranda do Curso de Geociências do Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, ivanna.monterazo@ufpe.br;

⁴ Doutor em Geografia pela Universidade de São Paulo-USP. Docente do Departamento de Ciências Geográficas e membro permanente do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação (PPGCGTG/Departamento de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura) da UFPE, fabrizio.listo@ufpe.br;

⁵ Doutora em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco-UFPE. Docente do Departamento de Ciências Geográficas e membro permanente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco - PPGEO/UFPE, danielle.listo@ufpe.br;

⁶ Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Docente adjunto da Universidade Federal de Sergipe (UFS) no departamento de Geografia de Itabaiana-DGEI, carlos.bispo@ufpe.br.



INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, milhares de vidas foram perdidas devido aos escorregamentos, que têm gerado grande preocupação em razão dos sérios danos que podem causar. Entre os anos de 1988 e 2022, o Brasil registrou 4.146 mortes relacionadas a esses eventos, distribuídas por 16 estados e 269 municípios (Macedo e Sandre, 2022). Nesse contexto, a Região Metropolitana do Recife registrou 130 mortes em 2022, com a informação sendo amplamente divulgada pela mídia.

A definição de escorregamentos é bastante consolidada na literatura acadêmica, sendo entendida como um processo natural de modelagem do relevo, intensificado pela ação humana. Esses eventos são caracterizados por movimentos rápidos e de curta duração, com velocidades variáveis e planos de ruptura bem definidos entre o material que escorrega e o que permanece estável. Os escorregamentos podem assumir diferentes formas geométricas, como rotacional, translacional ou em cunha (Guidicini e Nieble, 1984; Selby, 1993; Fernandes e Amaral, 1996).

De acordo com o Ministério das Cidades e o Instituto de Pesquisas Tecnológica - IPT (2007), a avaliação do risco de escorregamentos considera não apenas fatores geológicos e geotécnicos, como a inclinação do terreno e sua composição, mas também a presença de sinais indicativos, como fissuras no solo, cicatrizes de processos anteriores e modificações causadas pela ação humana, como alterações em construções ou em estruturas de suporte. Nessa perspectiva, em 1993, Selby já argumentava que os processos de escorregamentos não podem ser atribuídos a uma única causa definitiva. No entanto, tanto os agentes estatais quanto a mídia frequentemente responsabilizam exclusivamente as chuvas, ignorando que muitos desses eventos são, na verdade, desencadeados pela falta de infraestrutura urbana adequada.

Dessa forma, políticas de mapeamento de áreas suscetíveis a escorregamentos têm sido amplamente recomendadas por órgãos governamentais e acadêmicos, em consonância com a Lei Federal nº 12.608 (Brasil, 2012), que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC). Essa lei permitiu a criação de sistemas de informações, alertas e monitoramento de riscos, com o objetivo principal de prevenir e reduzir desastres, além de incentivar o planejamento territorial. No entanto, muitas vezes esses mapeamentos não são realizados de forma contínua e, quando são, não alcançam as populações mais vulneráveis, que frequentemente acabam deslocando-se para áreas de risco devido à especulação imobiliária nas grandes cidades.

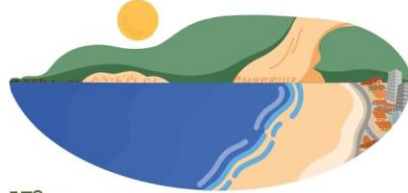


Nesta perspectiva, o município de Abreu e Lima integra a Região Metropolitana do Recife (RMR), com sua formação relativamente recente, em 1982, a partir do desmembramento de Paulista. A área urbana é marcada pela presença de bairros planejados, assim como aqueles sem um planejamento adequado (Silva, 2016). Com o tempo, até mesmo os bairros inicialmente projetados de maneira estruturada passaram a ser ocupados progressivamente por moradias irregulares e clandestinas, em áreas públicas, tanto dentro de conjuntos habitacionais quanto em locais protegidos por legislação. Atualmente, o município enfrenta uma realidade de alta vulnerabilidade social, com uma população de baixa renda que, devido à falta de recursos financeiros, ocupa regiões carentes de infraestrutura adequada, contribuindo para o agravamento dos problemas de ocupação e risco nessas áreas (Silva, 2016).

Considerando o contexto citado, este estudo tem como objetivo avaliar os parâmetros físicos da área, identificando as zonas com maior suscetibilidade a escorregamentos dentro dos limites municipais de Abreu e Lima, para a elaboração de um mapa de risco. A justificativa para este trabalho reside na necessidade de atualização dos mapeamentos de áreas de risco, sendo o mais recente realizado em 2012 pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), considerando tanto a existência de áreas suscetíveis a escorregamentos quanto a vulnerabilidade da população, os impactos humanos e econômicos associados a esses eventos.

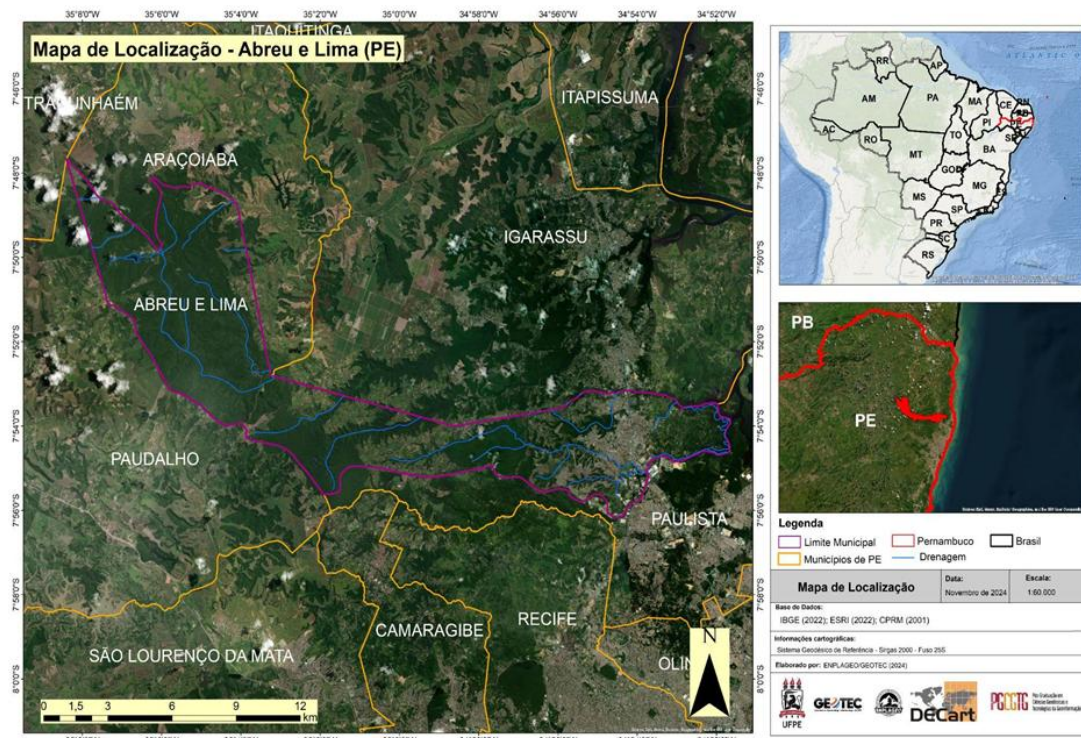
MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Abreu e Lima está localizado no estado de Pernambuco, Região Nordeste do Brasil. Situa-se na Mesorregião Metropolitana do Recife e Microrregião do Recife, a aproximadamente 18 quilômetros da capital pernambucana (Figura 1). Com uma área total de 126,384 km². Sua localização estratégica permite fácil acesso às principais rodovias estaduais e federais, como a BR-101 Norte e a PE 15. O município apresenta uma população de 98.462 habitantes e características socioeconômicas diversificadas conforme o Censo de 2022 do IBGE. Possui um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,679 e a economia local é impulsionada pelos setores de serviços, indústria e agricultura, com alta taxa de urbanização e baixas taxas de analfabetismo.



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA

Figura 1 - Mapa de Localização do Município de Abreu e Lima (PE).



Fonte: Autores (2024).

Mapas Temáticos

Os mapas topográficos foram gerados em ambiente SIG, utilizando o software *ArcGIS* versão 10.5. A base de dados empregada foi o Modelo Digital do Terreno (MDT) *Alos Palsar*, com resolução de 12,5 m e escala de 1:50.000, disponível gratuitamente. Os dados foram extraídos por meio da ferramenta *Topo to Raster*.

O **mapa hipsométrico** foi classificado com base nas altitudes máximas e mínimas do terreno. Para o **mapa de declividade**, adotou-se o parâmetro de ocupação e segurança de encostas proposto pela Lei Lehmann (Lei Federal nº 6.766/79), que divide a declividade em três classes: 0° a 9,6°; 9,6° a 16,7°; e acima de 16,8°. De acordo com a Lei, a construção é permitida nas áreas com declividade de 0° a 9,6°, enquanto nas áreas com declividade entre 9,6° e 16,7°, a construção também é permitida, mas deve ser feita com atenção especial e, sempre que possível, com auxílio técnico. Já em terrenos com declividade superior a 16,8°, a ocupação só é permitida mediante laudo técnico. O **mapa de curvatura** foi categorizado segundo os parâmetros de Valeriano (2003), dividindo o terreno em três tipos: côncavo ($<-0,04$), convexo ($>=0,04$) e retilíneo ($=0$).

Em relação a avaliação dos aspectos **pedológicos** e **geológicos** no que tange a área de estudo, foram utilizados, o banco de dados do Zoneamento Agroecológico



de Pernambuco - ZAPE (Silva et al., 2001) para a elaboração do mapa de Pedologia, onde se encontra na escala de 1:100.000. Em relação aos dados geológicos foram utilizados o banco de dados da CPRM Serviço Geológico Brasileiro onde sua escala de detalhamento se encontra em 1:500.000.

Para o mapeamento de **escorregamentos**, foram usados os dados do Adapta Brasil MCTI (<https://sistema.adaptabrasil.mcti.gov.br/>), onde disponibiliza diversos dados, sendo um desses dados sobre desastres hidrológicos (Deslizamentos e Inundações) no território nacional, onde trabalha sobre o índice de deslizamento de terra, que são classificados em muito baixo, baixo, médio, alto ou muito alto. Esses índices colaboram com a compreensão dos órgãos públicos de como está a situação dos municípios em relação a vulnerabilidade de enfrentamento a processos de deslizamento e inundação.

Mapeamento Técnico de Áreas de Risco

O mapeamento de setores de risco corresponde a fase de divisão territorial onde estão localizadas construções habitadas, vulneráveis a danos e perdas em áreas suscetíveis a escorregamentos (Brasil, 2007). A setorização foi realizada em escala de zoneamento, abrangendo áreas caracterizadas por habitações de baixa infraestrutura e considerando diversos aspectos listados a seguir:

1. Como **documentos preliminares** utilizados para a delimitação dos setores, foram utilizados como base os setores de risco delimitados pela CPRM em 2012, publicado como complemento ao Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR) do município de Abreu e Lima de 2010;
2. Os **dados básicos do município** como delimitação municipal, bairros, malha rodoviária, delimitação de favelas (aglomerados subnormais) e código municipal foram coletados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2022);
3. O **mapa de suscetibilidade a escorregamentos e o mapa de declividade** anteriormente descritos, também foram utilizados como parâmetros para a delimitação dos setores;
4. **Posição das habitações em relação à encosta** indicam a possibilidade de queda ou impacto. Ao topo apresentam maior probabilidade à queda, a média encosta probabilidade tanto a queda quanto a impacto e, a baixa encosta apresentam probabilidade de impacto/atingimento. Para essa análise, foram utilizadas Interpretação de imagens de satélite do ano de 2024 fornecidas pelos mapas base dos softwares QGIS 3.36.3 (Google Maps Satellite) e ArcGIS 10.8 (imagens de satélite



disponibilizados pela ESRI - Environmental Systems Research Institute), Maxar, Earthstar Geographics e pela comunidade de usuários de SIG, com resolução espacial de 0,3 m e fotos ao nível do solo do software Google Street View.

Em ambiente SIG, foi criada uma camada *shapefile* em polígonos, em termos de geometria, no software QGIS 3.36.2 e georreferenciados em SIRGAS 2000. Os setores foram numerados sequencialmente por relações de proximidade através da edição da tabela de atributos, seguida da inclusão de colunas das classes temáticas: Unidade da federação, município, código do município segundo o IBGE, bairros, processo, número do setor, Geologia, Pedologia, declividade, tipo de rocha, favela e grau de risco.

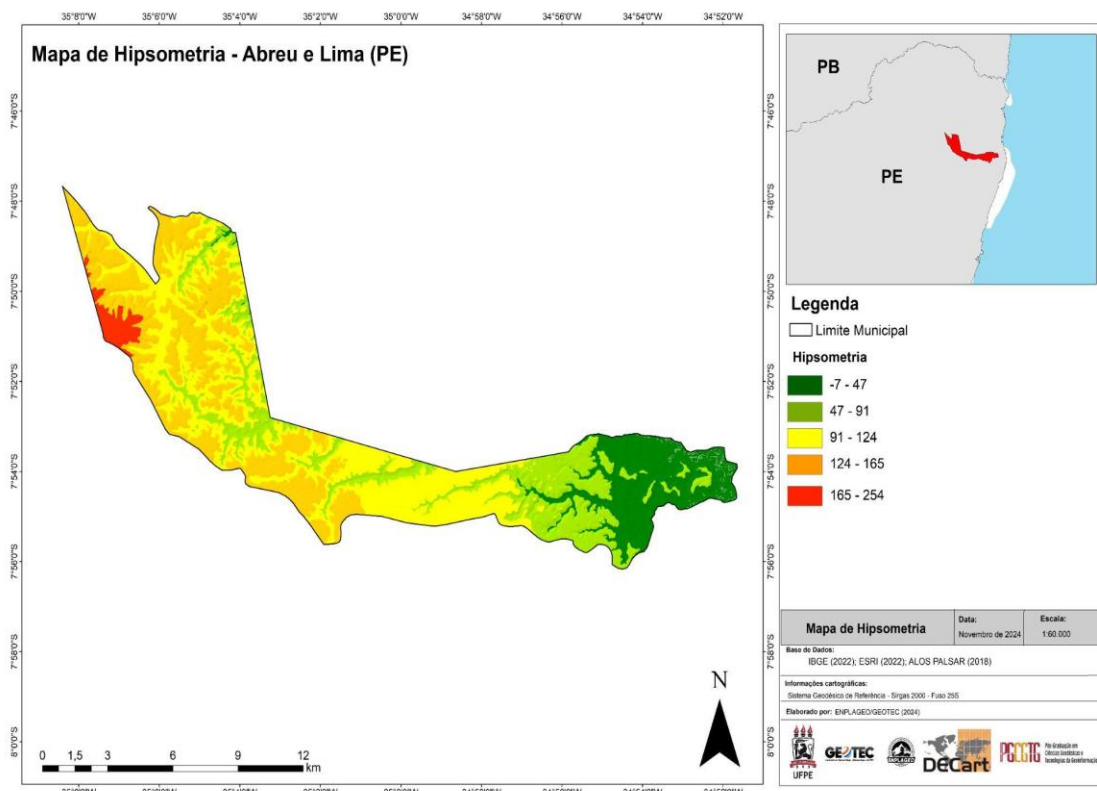
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Hipsometria

O mapa topográfico de Abreu e Lima revela uma distribuição hipsométrica variando entre -7 m e 254 m, o que reflete as características geológicas e litológicas da região (Figura 2). A análise da Frequência de Distribuição (FD) do município indica uma leve concentração nas altitudes médias. Assim, observa-se que a FD para as altitudes entre -7 e 47 m é de 15,1%, seguida por 21,6% para a faixa de 47 a 91 m, 32,6% para a faixa de 91 a 124 m e 28,4% para altitudes de 124 a 165 m. A região de maior altitude, entre 165 e 254 m, apresentou a menor representação, com apenas 2,3% da área (Figura 3).

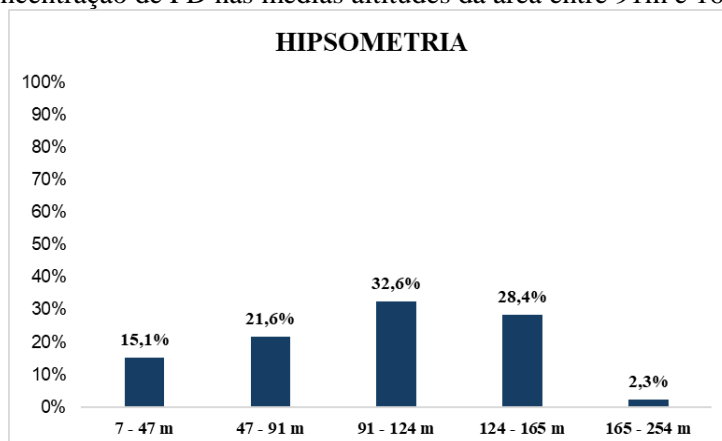
Desse modo, a maior parte da área do município (32,6%) está situada entre altitudes de 91 m e 124 m, predominando morfoesculturas como tabuleiros, colinas e morros. Os tabuleiros da região se destacam por seus topos planos, enquanto as colinas apresentam inclinações suaves e contornos arredondados, com altitudes variando entre 10 m e 40 m, resultado da Formação Gramame. Já os morros, localizados no setor mais a oeste do município, são associados às maiores altitudes e têm origem no embasamento cristalino. Esses morros são caracterizados por formas arredondadas, com superfície de alteração espessas em afloramentos rochosos. As áreas de menor altitude correspondem aos vales fluviais, que apresentam uma morfologia plana devido aos depósitos, localizando-se nas planícies dos rios Desterro e Barro Branco (Silva, 2016).

Figura 2 - Mapeamento Hipsométrico do município de Abreu e Lima. Na representação é possível perceber 5 classes de altitudes que variam entre -7 e 254 m.



Fonte: Alos Palsar (2018). Elaborado: Autores (2024).

Figura 3 - Frequência de Distribuição do mapa hipsométrico. É possível observar a concentração de FD nas médias altitudes da área entre 91m e 165m.



Fonte: Alos Palsar (2018). Elaborado: Autores (2024).

Declividade

O mapa de Declividade (Figura 4) revela que a maior parte da área do município está localizada em regiões de baixa declividade, o que favorece a ocupação. Esse padrão permite discutir aspectos relacionados à ocupação urbana de forma adequada, uma vez que o terreno não apresenta restrições significativas para o uso e ocupação, considerando

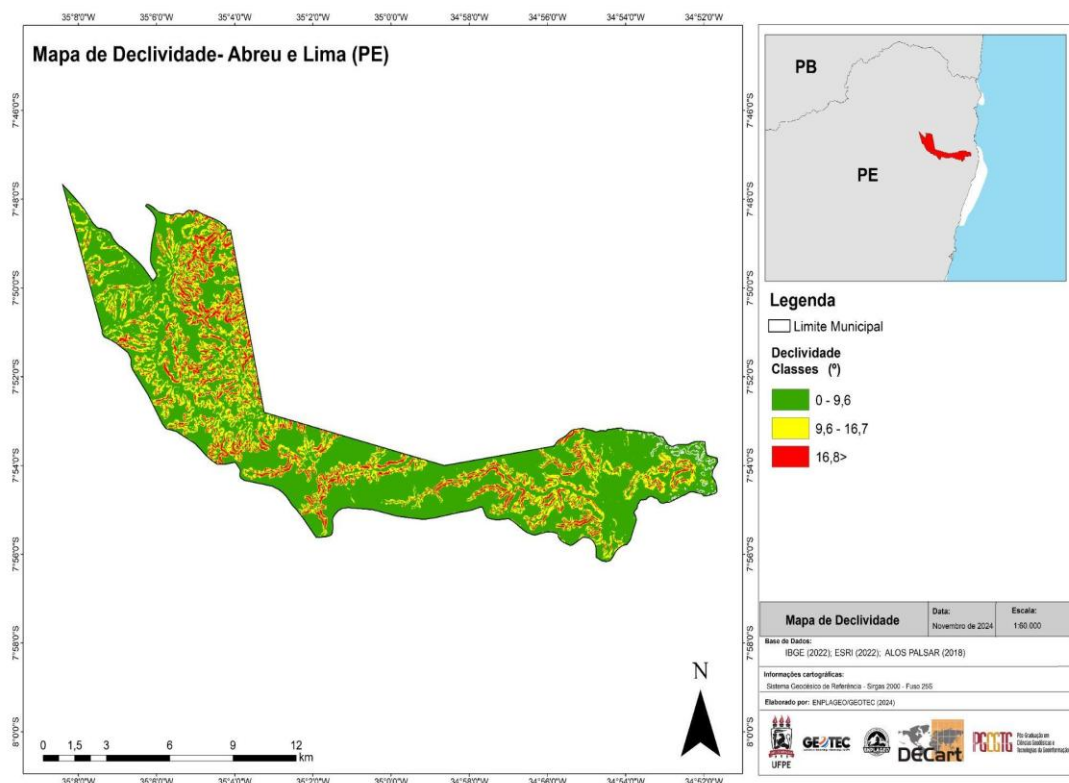


o suporte da legislação vigente. Em relação a Frequência de Distribuição, a classe entre 0-9,6° ocupa 65,9% da área de estudo, seguida por 24,1% em declividade de 9,6-16° e 10% na classe de 16,8° (Figura 5).

A Lei Lehmann (Lei Federal nº 6.766/79) regula a ocupação do solo com base nas diferentes classes de declividade. Segundo essa legislação, a ocupação urbana é permitida em áreas com declividade de até 9,6°. Para terrenos com declividade entre 9,7° e 16,7°, é necessário apresentar laudos e análises técnicas que atestem a viabilidade da ocupação. Já em áreas com declividade superior a 16,8°, a ocupação é desaconselhada.

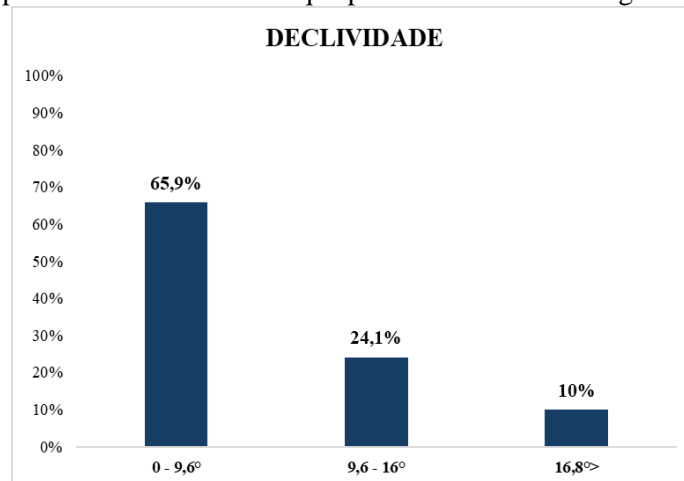
Desse modo, como observado na figura 5, o município de Abreu e Lima possui, em sua maior parte, áreas que são adequadas para a ocupação, quando analisadas isoladamente sob a perspectiva dos aspectos físicos. No entanto, a estabilidade das encostas é frequentemente comprometida devido à construção de moradias de forma inadequada, sem o devido acompanhamento técnico. Na região da Nova Descoberta, situada na cidade do Recife, Santana, Xavier e Listo (2018) discutem como o uso e a ocupação do solo têm contribuído para a instabilização das encostas.

Figura 4 - Mapeamento e Declividade do Município de Abreu e Lima. É possível observar que as classificações seguiram o padrão da Lei Lehmann para a melhor setorização das áreas.



Fonte: Alos Palsar (2018). Elaborado: Autores (2024).

Figura 5 - Frequência de Distribuição do mapa de Declividade. É possível observar que mais de 65% do município se encontra em áreas que podem ser habitadas segundo a Lei Lehmann.



Fonte: Alos Palsar (2018). Elaborado: Autores (2024).

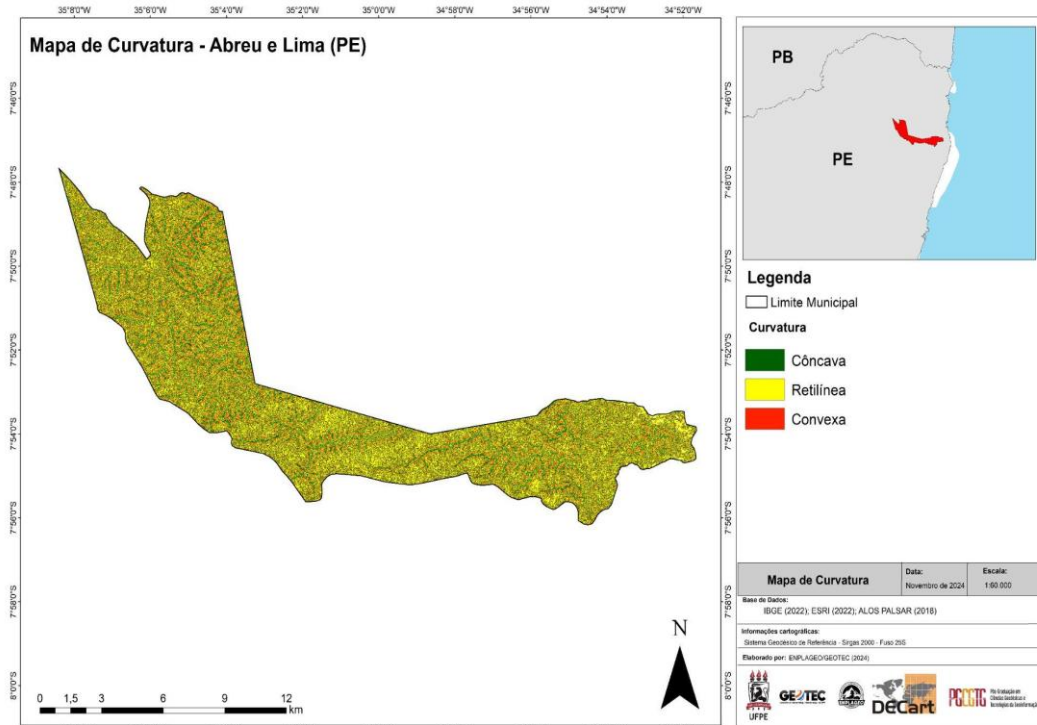
Curvatura

Considerando o papel crucial das formas de encosta no controle hidrológico da região, o mapa de curvatura (Figura 6) apresenta a distribuição das classes côncava, retilínea e convexa. A análise da Frequência de Distribuição (Figura 7) revela que a maior parte do município (47,5%) está concentrada em encostas com formas retilíneas. Em seguida, as encostas côncavas representam 35,5%, enquanto as convexas correspondem a 17% da área.

Nessa perspectiva, a curvatura influencia diretamente a dinâmica da água nas vertentes, afetando a distribuição e a quantidade de água acumulada, o que, por sua vez, impacta na estabilidade do solo. As encostas côncavas (segunda maior FD da área), em particular, são as que concentram a maior quantidade de água durante as chuvas intensas, resultando em uma rápida elevação da pressão no solo. Tal característica necessita ser bastante observada na área de estudo, devido a sua característica climática de umidade em conformidade com a proximidade do oceano. Essa concentração de água torna as vertentes côncavas mais suscetíveis a escorregamentos, pois, como apontam Dietrich e Montgomery (1998), o acúmulo de água modifica a permeabilidade do material, facilitando a ruptura do solo. Além disso, a característica de acumulação de água nessas formas topográficas favorece a instabilidade, impulsionando rupturas com maior facilidade (Dietrich e Montgomery, 1998; Reneau e Dietrich, 1987; D'Amato Avanzi *et*

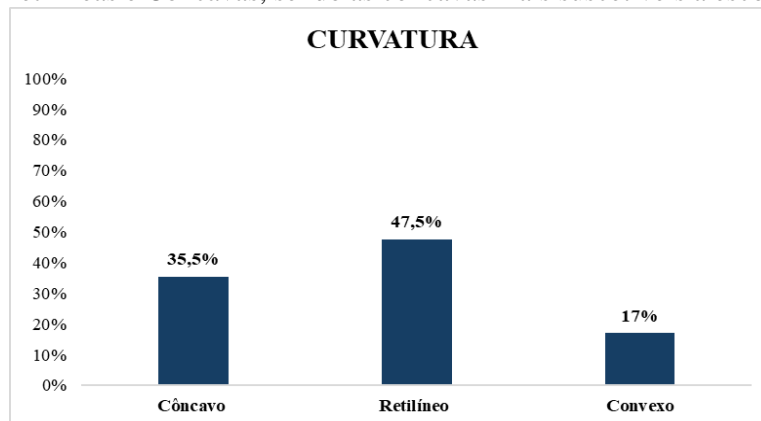
al., 2004). Com isso, interação entre a curvatura do terreno e a dinâmica hidrológica das encostas é um fator determinante na avaliação da estabilidade do solo e na previsão de eventos de escorregamento, sendo essencial para o planejamento e gestão do uso do solo em regiões de risco.

Figura 6 - Mapeamento de Curvatura do município de Abreu e Lima. A classificação foi distribuída entre Côncava, Retilínea e Convexa.



Fonte: Alos Palsar (2018). Elaborado: Autores (2024).

Figura 7 - Frequência de Distribuição da Curvatura. Observa-se uma maior concentração de FD nas formas Retilíneas e Côncavas, sendo as côncavas mais suscetíveis a escorregamentos.

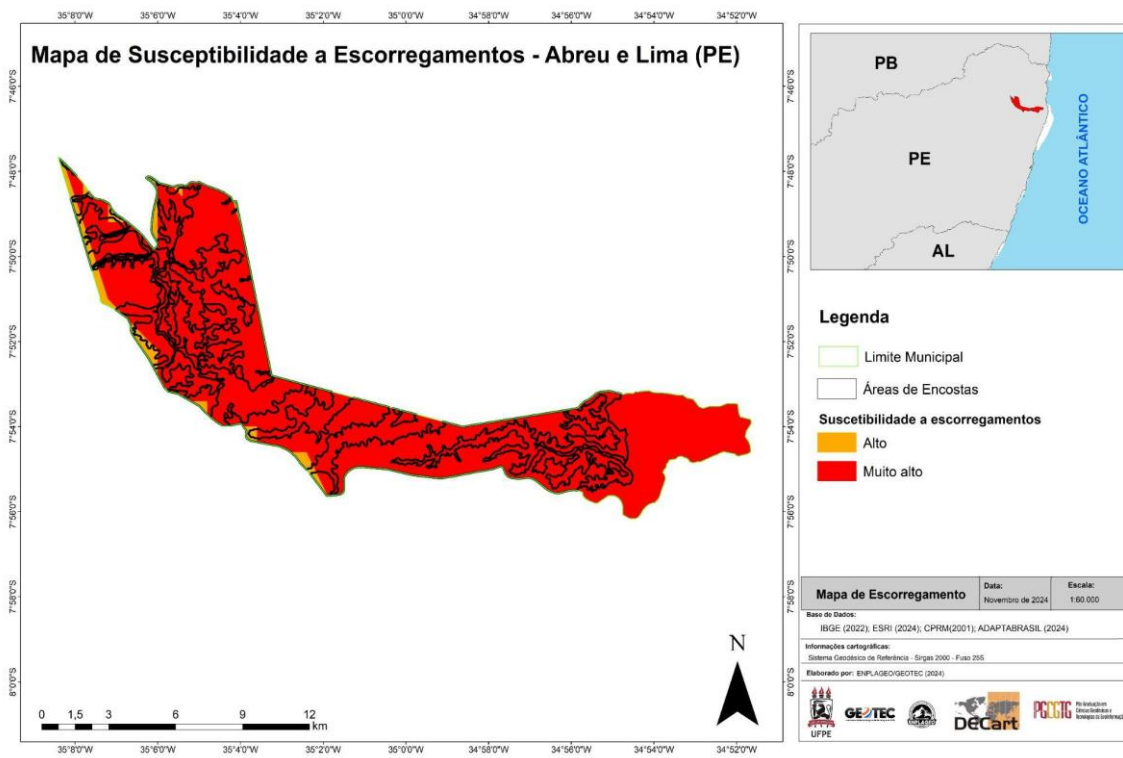


Fonte: Alos Palsar (2018). Elaborado: Autores (2024).

Escorregamentos

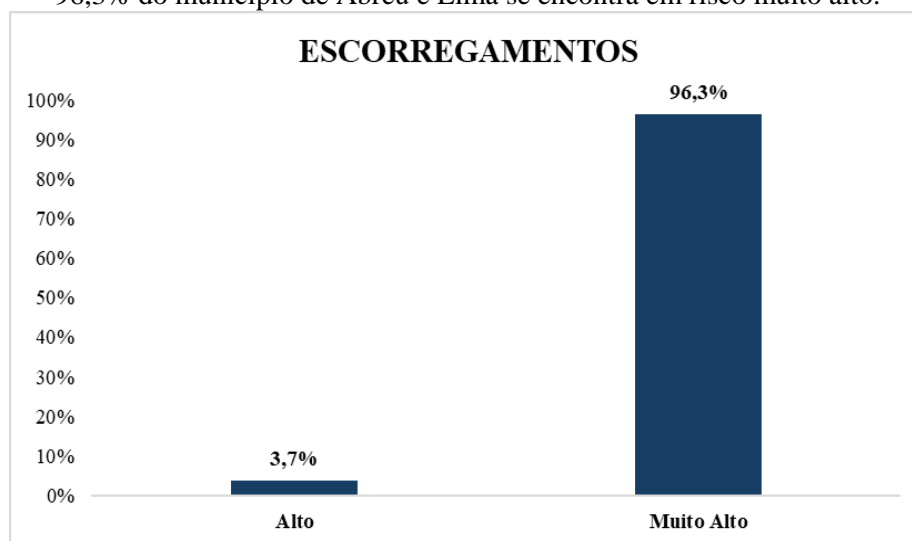
O Mapa de Escorregamentos (Figura 8), classificado como deslizamento no AdaptaBrasil (2024), indica que mais de 96% do município de Abreu e Lima está em uma área de risco muito alto (Figura 9). Essa classificação leva em consideração uma série de fatores específicos da metodologia utilizada pela agência, incluindo a capacidade de adaptação da população, as condições financeiras tanto dos cidadãos quanto dos agentes públicos para intervenções em caso de desastres. Nessa perspectiva, existe divergência em relação aos estudos mais detalhados em relação ao município que dispõe, por vezes, de aparatos mais físicos em sua classificação. No que se refere aos aspectos econômicos, Abreu e Lima possui recursos limitados em comparação com outros centros urbanos da Região Metropolitana do Recife, conforme apontado por Silva (2016), o que contribui para um aumento significativo do risco na área, de acordo com os parâmetros do AdaptaBrasil (2024). É válido destacar, que o mapa de deslizamento do AdaptaBrasil é uma ferramenta dinâmica e de caráter preventivo, sendo parte de um sistema maior de monitoramento e avaliação de riscos ambientais. Tal ferramenta é utilizada por gestores municipais e estaduais, engenheiros e outros profissionais envolvidos em planejamento territorial e gestão de riscos.

Figura 8 - Mapeamento de Escorregamentos disponibilizado pela plataforma AdaptaBrasil. Segundo os dados da agência, o município possui uma grande área em risco muito alto.



Fonte: AdaptaBrasil (2024). Elaborado: Autores (2024).

Figura 9 - Frequência de Distribuição do mapeamento de Escorregamentos. Observa-se que 96,3% do município de Abreu e Lima se encontra em risco muito alto.



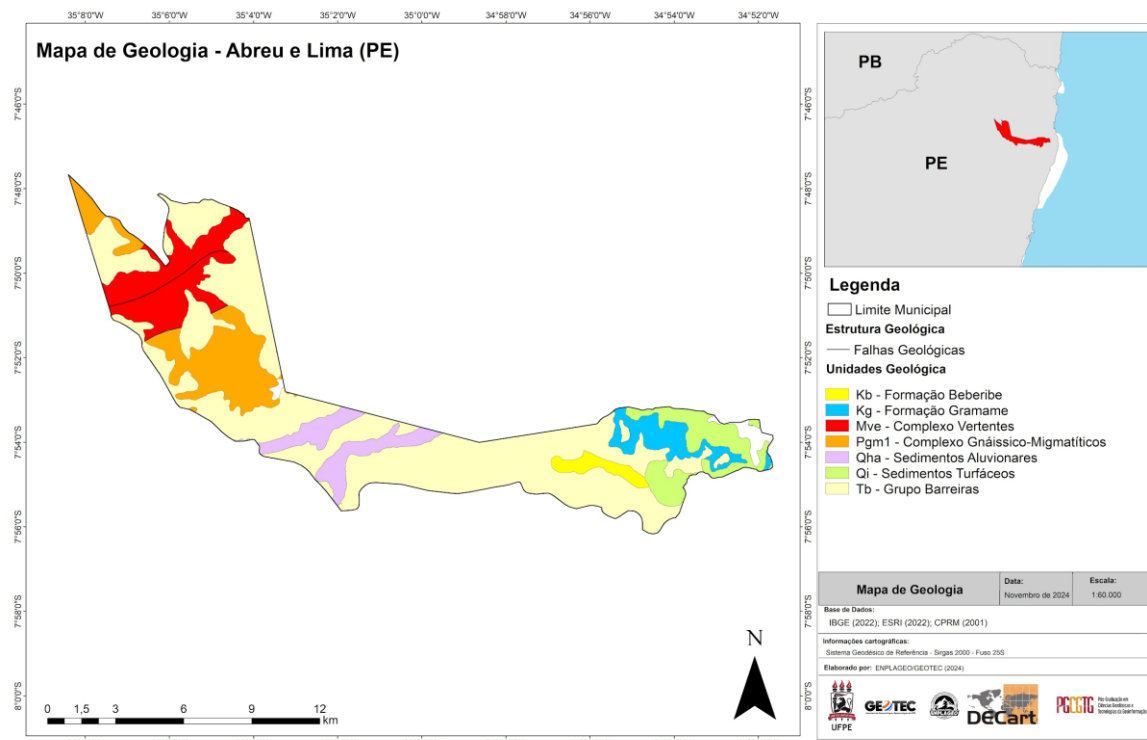
Fonte: AdaptaBrasil (2024). Elaborado: Autores (2024).

Geologia

Diante do mapeamento das classes geológicas (Figura 10) presentes no município de Abreu e Lima, a unidade Tb - Grupo Barreiras contempla 58,5 % da área total (Figura 11). Essa unidade é bastante presente na região metropolitana do Recife. O grupo barreiras é uma unidade sedimentar, que tem por característica, segundo Crepani *et al.* (2001) serem menos resistentes ao processo do intemperismo.

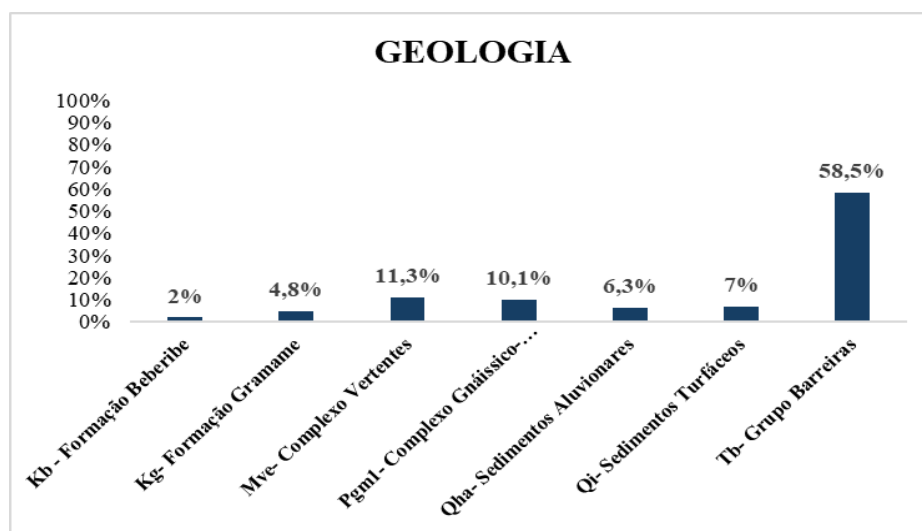
Nas áreas urbanas, as encostas que são conhecidas como barreiras, são ocupadas por pessoas mais vulneráveis. Mediante a esse processo a população constrói moradias para sua vivência, sendo realizado cortes irregulares na encosta (aterro ou bota fora), que pode resultar em instabilidade do terreno, gerando no período de grandes chuvas danos estruturais e escorregamentos (Russel, 2024).

Figura 10 - Mapa das unidades geológicas de Abreu e Lima (PE)



Fonte: CPRM (2001). Elaborado: Autores (2024).

Figura 11 - Frequência de distribuição do mapeamento geológico. Observa-se que o Tb- Grupo Barreiras compreende 58,5% do município de Abreu e Lima.



Fonte: Autores (2024).

Solos

Em relação às unidades pedológicas contidas no município de Abreu e Lima, foi notável uma grande diversidade de classes de solos presentes nessa região. Diante das figuras 12 e 13, foram visíveis as classes de solo como o Argissolo Amarelo (12,9%), o



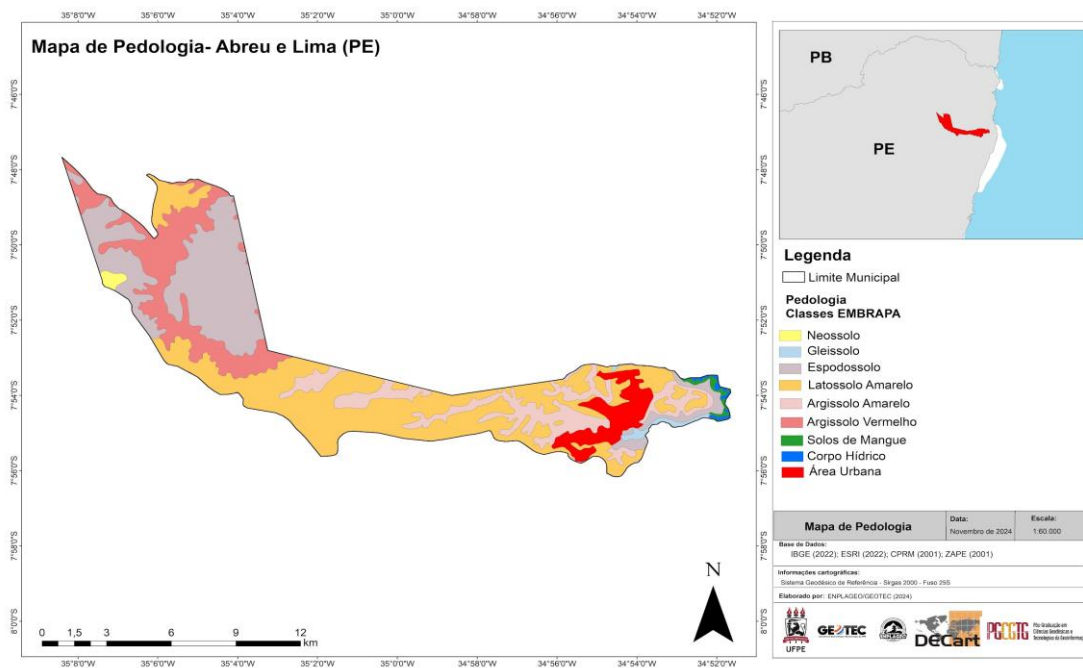
Argissolo Vermelho (16,1%), o Latossolo Amarelo (34,9%), o Gleissolo (2,8%), Espodossolos (25,9%), Neossolo (0,5%) e Solo de Mangue (0,4%).

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (EMBRAPA, 2018) existem unidades de solos que têm dificuldade na sua capacidade de drenagem. Nessa perspectiva, uma delas é o Argissolo, que devido ao acúmulo de argila presente no horizonte B tendem a apresentar uma maior dificuldade no processo infiltração da água, principalmente pela característica de relevo onde se encontra essa unidade, que são as áreas de encostas (Maurício, Vieira Barbosa Neto e Menezes Silva, 2024).

Além das suas características naturais que foram abordadas, nas áreas urbanizadas, essa unidade é bastante degradada, devido a retirada da cobertura vegetal, ocupação irregular e esgoto lançado na encosta e dentre outros problemas, que podem influenciar em processos de escoamento superficial intensificado, erosões e, nos períodos de grandes chuvas na região metropolitanas do Recife, em escorregamentos.

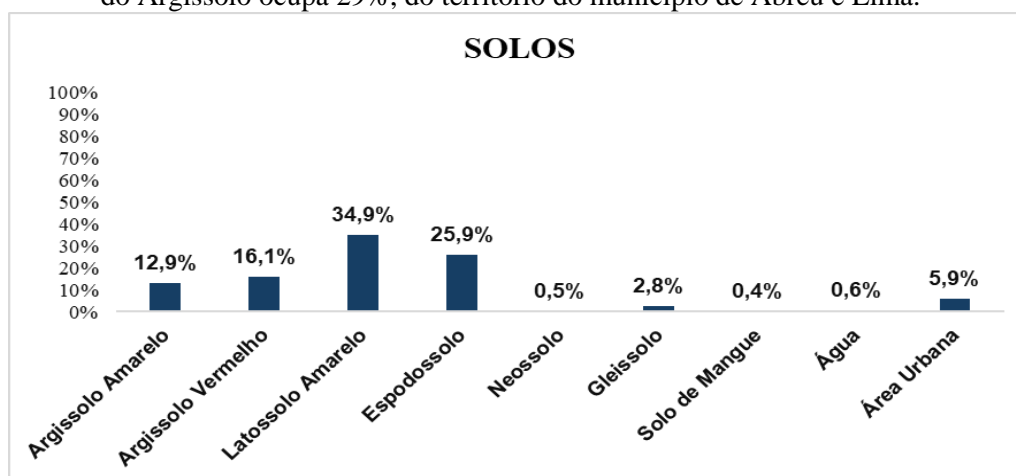
Através dos resultados elencados, é notável que 29% da área do município de Abreu e Lima, está sobre unidades de solo que mediante as características naturais e atividades antrópicas acaba resultando numa susceptibilidade elevada a processos de escorregamentos nas áreas de encostas (Hoffmann, Silva e Neto, 2020).

Figura 12 - Mapa das unidades pedológicas de Abreu e Lima (PE).



Fonte: ZAPE (2001). Elaborado: Autores (2024).

Figura 12 - Frequência de distribuição do mapeamento pedológico. Observa-se que a unidade do Argissolo ocupa 29%, do território do município de Abreu e Lima.



Fonte: Autores (2024).

Mapeamento Técnico de Áreas de Risco

Após análise dos setores previamente mapeados pela CPRM (2012), os aspectos topográficos (Hipsometria, Declividade e Curvatura), os mapas temáticos (Geologia e Pedologia) e considerando os aspectos visíveis através das imagens de satélite do município de Abreu e Lima, foram mapeados 65 setores de risco a escorregamentos (Figura 13). A grande maioria dos setores foram zoneados em áreas consideradas retilíneas e convexas segundo o mapa de curvatura. Além destes, em percentual menor, foram zoneadas áreas de risco em encostas côncavas, que podem possibilitar o escorregamento rotacional.

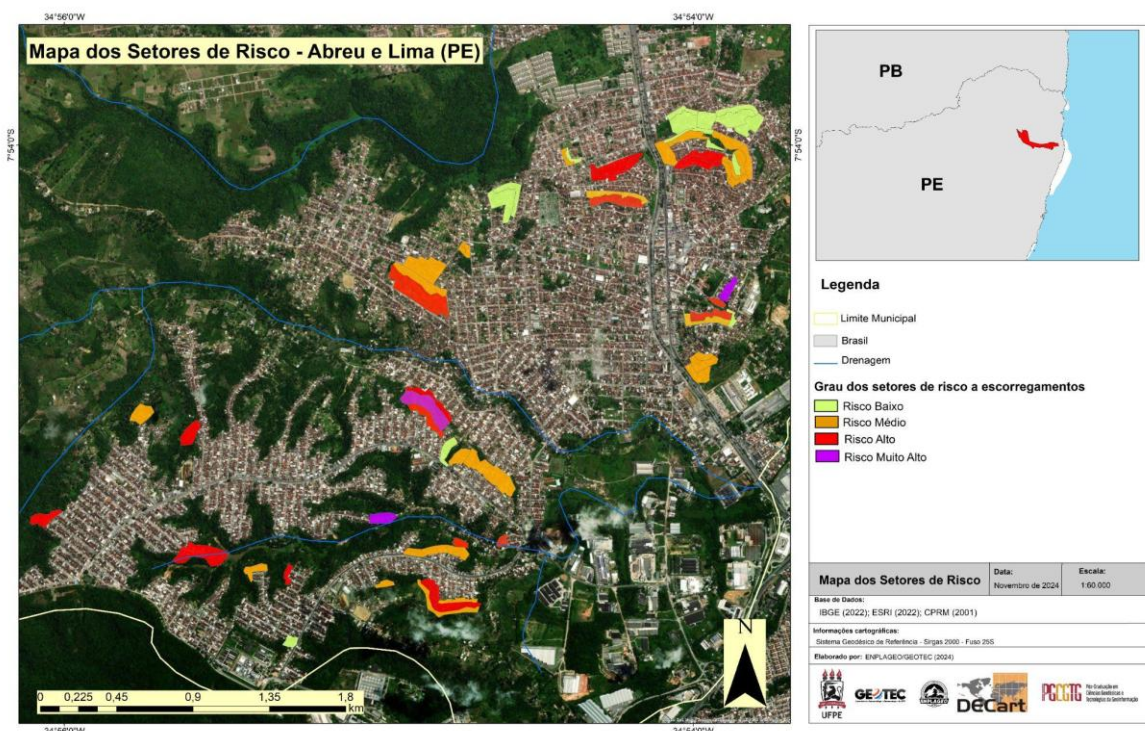
Considerando os aspectos ligados à formação geológica, a grande maioria dos setores (30 setores) estão alocados no Tb - Grupo Barreiras, seguido pela Kg - Formação Gramame (26 setores), Kb - Formação Beberibe (6 setores) e, apenas 3 setores alocaram-se na Qi - Sedimentos Turfáceos. Esse fator demonstra como o processo de ocupação tem se estabelecido e expandido para áreas com uma formação sedimentar que é suscetível a escorregamentos, realizando cortes irregulares nas encostas e favorecendo instabilidades no terreno.

Atentando-se aos aspectos pedológicos do município, 44 setores foram classificados como pertencentes da Área Urbana, seguidos pelo Latossolo Amarelo (14 setores) e por fim, Argissolo Amarelo que abrange 7 setores. As áreas urbanas do município estão interligadas com as unidades do Argissolo e do Latossolo, segundo o mapeamento feito do ZAPE, esse fator pode apresentar uma correlação no que tange a

suscetibilidade nas áreas urbanizadas, onde unidades como a do Argissolo sofrem com processos de degradação devido a ocupação antrópica, tornando-se mais suscetíveis a processos de escorregamento.

Em classificação seguindo o escalonamento dos graus de risco atribuídos, foram obtidos 15 setores classificados como risco baixo, 27 setores de risco médio, 20 setores de risco alto e 03 setores categorizados como risco muito alto. Os graus de risco foram atribuídos considerando além dos aspectos físicos topográficos, a vulnerabilidade das edificações visíveis através das imagens de satélite. Visto que a autoconstrução acompanha o padrão do relevo em encostas as vezes não tão íngremes, mas que apresentam lonas plásticas, usadas como caráter paliativo para contenção de encostas, aparentes em todos os patamares de cortes verticalizados do sopé ao topo das encostas. Este cenário evidencia instabilidades no terreno e provavelmente nas edificações existentes, aumentando assim o grau de risco do setor.

Figura 13 - Mapa dos Setores de Risco de Abreu e Lima (PE).



Fonte: Autores (2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo analisou a suscetibilidade a escorregamentos no município de Abreu e Lima (PE), por meio de mapeamentos topográficos, pedológicos e geológicos, com o



objetivo de gerar um Mapa Técnico de Risco. Quanto à hipsometria, o terreno apresenta variações moderadas de altitude, variando entre -7m e 254m, com a maior Frequência de Distribuição ocorrendo em áreas de médias altitudes. Quanto à declividade, mais de 65% do município está em áreas com inclinação adequada para ocupação, enquanto apenas 10% da área apresenta declives superiores a 16,7°, caracterizando zonas inadequadas para construção sem acompanhamento técnico adequado. Em relação às curvaturas das encostas, a literatura indica que as encostas côncavas possuem maior propensão a processos de instabilidade. Na área de estudo, as encostas côncavas correspondem a 35,5%, a segunda maior FD, sendo a primeira com 47,5% a forma retilínea. O Mapa de Escorregamentos do AdaptaBrasil (2024) apresentou em seus resultados que mais de 96% do município está em área de risco muito alto, devido a fatores como a capacidade de adaptação da população e as condições econômicas limitadas, o que agravou a classificação.

Em relação ao mapeamento Geológico, a maior Frequência de Distribuição foi observada no Tb - Grupo Barreiras (58,5%), onde se constatou que as populações mais vulneráveis estão concentradas nessa área. É importante ressaltar que, embora essa formação permita a ocupação, a presença de cortes irregulares e autoconstruções eleva significativamente o risco da região. No mapeamento de solos, a formação mais suscetível ao processo analisado foi o Argissolo Amarelo, com uma FD de 12,9%, característica associada à sua baixa capacidade de drenagem. Por outro lado, o Latossolo Amarelo apresentou a maior frequência de distribuição na área (34,9%), uma característica bastante comum na região.

No mapeamento de risco, foram identificados 65 setores, classificados da seguinte forma: 15 setores com risco baixo, 27 com risco médio, 20 com risco alto e 3 com risco muito alto. Considerando os aspectos ligados à formação geológica, a grande maioria dos setores (30 setores) estão alocados no Tb - Grupo Barreiras, seguido pela Kg - Formação Gramame (26 setores). Em relação aos aspectos pedológicos, 44 setores foram classificados como parte da Área Urbana, seguidos por 14 setores de Latossolo Amarelo e 7 de Argissolo Amarelo. As áreas urbanas estão interligadas a essas unidades, e a ocupação antrópica, especialmente em áreas de Argissolo, contribui para processos de degradação, aumentando a suscetibilidade a escorregamentos. Desse modo, essa classificação levou em conta, além dos aspectos físicos, a vulnerabilidade das edificações, muitas delas autoconstruídas. A utilização de soluções paliativas nas encostas, como



contenções precárias, agrava a instabilidade do terreno, aumentando significativamente o risco de desastres.

Para mitigar o risco e reduzir o grau de vulnerabilidade, é fundamental a realização de obras de retaludamento e a construção de muros de arrimo, especialmente em áreas onde foram adotadas medidas paliativas, como o uso de lonas, considerando também a possibilidade de inserção de soluções baseadas na natureza (SBN) como a recuperação de áreas verdes degradadas com coberturas vegetais que colaboram com a estabilidade do terreno. Além de medidas de padrão construtivos são necessárias campanhas de sensibilização antes do período de chuvas para que a população esteja atenta a necessidade de evacuação e quais as suas rotas de fuga em um período de emergência. As campanhas poderiam ser realizadas em locais como praças e escolas, alcançando tanto a população adulta quanto adolescentes e jovens. Durante estas campanhas seria importante a construção de mapeamentos participativos junto às comunidades locais, favorecendo a compreensão das problemáticas envolvidas na área e contribuindo para a tomada de decisões por parte da gestão municipal.

O poder público, em parceria com a Defesa Civil e outros órgãos competentes, deveriam promover vistorias regulares e estabelecer períodos de monitoramento para melhor compreender as áreas de risco. Além disso, seriam necessárias ações junto ao conselho técnico e população para prevenir a construção irregular, que por muitas vezes é a principal causa de aumentar a vulnerabilidade do terreno.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei Federal nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979.** Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, 29 dez. 1979. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/>. Acesso em: 10 nov. 2024.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.608, de 10 de abril de 2012.** Dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, 10 de abril de 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/>. Acesso em: 19 jun. 2024.

BRASIL. **Lei n. 6.766, de 19 de dezembro de 1979.** Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Brasília, DF, dez. 1979. Disponível em: <https://bit.ly/2NZEn0N>. Acesso em: 15 mai. 2024.

BRASIL. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios.** Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, (orgs). – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. 175 p. Acesso em: 20 fev. 2024.



BRASIL. Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios. Brasília: Ministério das Cidades e Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2007. 176 p.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes e movimentos de massa: Abreu e Lima, Pernambuco (2012). Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/19897> . Acesso: 10 de nov. de 2024.

DIETRICH, W. E.; MONTGOMERY, D. R. **SHALSTAB: A digital terrain model for mapping shallow landslide potential**. NCASI (National Council of the Paper Industry for Air and Stream Improvement), Technical Report, 1998. 29 p.

FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. **Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica**. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 123-194.

HOFFMANN, A.; SILVA, M.; NETO, G. ESCOAMENTO SUPERFICIAL E PERDAS DE SOLO EM SUB-BACIA FLORESTAL, MUNICÍPIO DE ELDORADO DO SUL, RS. *Brazilian Journal of Development*. 2020. 6. 58111-58132. 10.34117/bjdv6n8-283.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico 2022: população e domicílios: primeiros resultados. Coordenação Técnica do Censo Demográfico. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 12 novembro de 2024.

MACEDO, Eduardo Soares de; SANDRE, Lucas Henrique. **Mortes por deslizamentos no Brasil: 1988 a 2022**. *Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental*, v. 12, n. 1, p. 110-117, 2022.

Maurício, C., Vieira Barbosa Neto, M. ., & Menezes da Silva, C. E. (2024). A FUNÇÃO DAS ÁREAS VERDES URBANAS NA REDUÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL: ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE RECIFE, PE-BRASIL . *Revista Contexto Geográfico*, 9(18), 78 – 93. <https://doi.org/10.28998/contegeo.9i.18.16811>.

RENEAU, S. L.; DIETRICH, W. E. **The importance of hollows in debris flow studies**. In: **Debris flows/avalanches: process, recognition and mitigation**. *Geol. Soc. Am. Rev., in Eng. Geol.*, v. 7, (in press), 1987.

RUSSELL, João Carlos albertin. Impacto das chuvas nas áreas de morros em Caetés II na cidade de Abreu e Lima.2024.Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Geografia) -Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2024.

SANTANA, J. K. R; XAVIER, J. P. de S.; LISTO, F. de L. R. **Parâmetros topográficos e a distribuição espacial dos escorregamentos rasos no bairro de Nova Descoberta, região metropolitana do Recife (PE)**. *XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*, 2017. DOI: 10.20396/sbgfa.v1i2017.2323. ISBN 978-85-85369-16-3.



SELBY, M. J. **Hillslope: materials & processes**. New York: Oxford University Press, 1993.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1984.

VALERIANO, M. M. Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.539-546, 2003.

