

# Análise da suscetibilidade a movimentos de massa no município de Jaboatão dos Guararapes/PE por análise multicritério

*Assessment of Landslide Susceptibility in the Municipality of Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco, Using Multi-Criteria Analysis*

**Amaury Gouveia Pessoa Neto**  
Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Recife/PE, Brasil

**Kalinny Patrícia Vaz Lafayette**  
Universidade de Pernambuco, Recife/PE,  
Brasil



## RESUMO

**Objetivo da Investigação:** No estado de Pernambuco, Brasil, a ocorrência de movimentos de massa, relativamente comuns no período de inverno, é um fenômeno modificador da paisagem e que muitas vezes ocasiona danos patrimoniais, ambientais, como também a perda de vidas humanas. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo identificar as áreas suscetíveis a movimentos de massa na Regional Centro do município de Jaboatão dos Guararapes, em Pernambuco.

**Metodologia:** A metodologia aplicada a este estudo consistiu na integração dos seguintes fatores condicionantes a movimentos de massa: geologia, geomorfologia, pedologia, cobertura e uso da terra, declividade e pluviosidade. Posteriormente foram atribuídos pesos a esses fatores, segundo o grau de suscetibilidade a movimentos de massa, por meio do processo de reclassificação. Por fim, através da álgebra de mapas, que associou os dados espaciais reclassificados a um modelo matemático, foi produzido o mapa temático de suscetibilidade a movimentos de massa.

**Resultados:** Os principais resultados apontaram que maior parte da região estudada é caracterizada por ser altamente suscetível a movimentos de massa, o que equivale a uma parcela de 70,46 km<sup>2</sup> (65,66 %). Essas áreas apresentam uma combinação de fatores correlacionados como elevadas hipsometria, declividade, taxa de urbanização e solos argilosos.

**Originalidade/Valor:** O mapeamento elaborado neste estudo representa uma base de referência fundamental para a gestão municipal, apoiando a elaboração de planos de monitoramento, contingência, alerta e estratégias preventivas relacionadas ao uso e ocupação da terra.

**Palavras-chave:** Deslizamentos; Suscetibilidade; Sistema de Informação Geográfica; Álgebra de Mapas.

## ABSTRACT

**Research Purpose:** In the state of Pernambuco, Brazil, the occurrence of mass-movement events — relatively common during the winter season — is a landscape-modifying phenomenon that often causes property and environmental damage, as well as the loss of human lives. Therefore, the present work aimed to identify areas susceptible to mass movements in the Central Region of the municipality of Jaboatão dos Guararapes, in Pernambuco.

**Methodology:** The methodology applied to this study consisted of the integration of the following factors conditioning mass movements: geology, geomorphology, pedology, land cover and use, slope and rainfall. Weights were subsequently assigned to these factors, according to the degree of susceptibility to mass movements, through the reclassification process. Finally, through map algebra, which associated the reclassified spatial data with a mathematical model, the thematic map of susceptibility to mass movements was produced.

**Findings:** The main results showed that most of the studied region is characterized by being highly susceptible to mass movements, which is equivalent to a portion of 70.46 km<sup>2</sup> (65.66%). These areas present a combination of correlated factors such as high hypsometry, slope and urbanization rate and clayey soils.

**Originality/Value:** The mapping developed in this study represents a fundamental reference base for municipal management, supporting the preparation of monitoring, contingency, and alert plans, as well as preventive strategies related to land use and occupation.

**Keywords:** Landslides; Susceptibility; Geographic Information System; Map Algebra.

## 1. Introdução

A identificação da ocupação e uso da terra constitui um dos maiores desafios enfrentados pela gestão pública diante dos diferentes impactos ambientais, sejam eles naturais ou antrópicos. A ausência de planejamento urbano e de políticas habitacionais eficazes que atendam às populações mais vulneráveis agrava o problema da moradia nas cidades, realidade recorrente em muitos estados brasileiros. Nesse contexto, a limitação de recursos financeiros impulsiona a ocupação de áreas irregulares e suscetíveis a múltiplos perigos preexistentes, onde os riscos tendem a se intensificar, ainda que os terrenos apresentem valor aquisitivo inferior ao do mercado formal (Gaidzik & Ramírez-Herrera, 2021; Rusk et al., 2022).

Entre essas áreas, destacam-se as suscetíveis a movimentos de massa, que frequentemente carecem de informações detalhadas para sua identificação, estimativa de probabilidade de ocorrência e magnitude dos eventos. Esses dados são cruciais para a formulação de políticas públicas voltadas à mitigação de riscos. Nesse sentido, o mapeamento de deslizamentos passados, a análise da suscetibilidade com base em fatores de predisposição (geologia, geomorfologia, declividade, pedologia, uso e cobertura da terra, pluviosidade, entre outros), bem como a caracterização do tipo e das dimensões dos eventos, tornam-se essenciais (Shano, Raghuvanshi & Meten, 2020; Abbas et al., 2021; Modugno et al., 2022).

O geoprocessamento desempenha, nesse cenário, um papel central como recurso metodológico de análise, na medida em que permite integrar dados e gerar informações em ritmo compatível com as transformações ambientais, em sua maioria resultantes da ação antrópica (Ramos, 2009). Por meio da análise espacial em ambiente SIG, é possível aplicar operações matemáticas sobre diferentes camadas temáticas, viabilizando a construção de mapas de suscetibilidade. Esses produtos resultam da combinação de variáveis selecionadas como desencadeadoras de movimentos de massa e possibilitam a indicação das áreas mais e menos perigosas, conforme a ponderação dos dados realizada pelo analista. A avaliação da suscetibilidade a deslizamentos pode ser realizada a partir de métodos diversos, como estatísticos, análise multicritério ou técnicas de *machine learning* (Arabameri et al., 2019; Azarafza et al., 2021; Hamedi et al., 2022; Jazouli, Barakat & Khellouk, 2019; Pessoa Neto et al., 2023; Youssef & Pourghasemi, 2021).

Sob essa perspectiva, o presente trabalho tem como objetivo aplicar técnicas de geoprocessamento em ambiente SIG para elaborar um mapa de suscetibilidade, identificando as áreas mais propensas à ocorrência de movimentos de massa na Regional Centro do município de Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco.

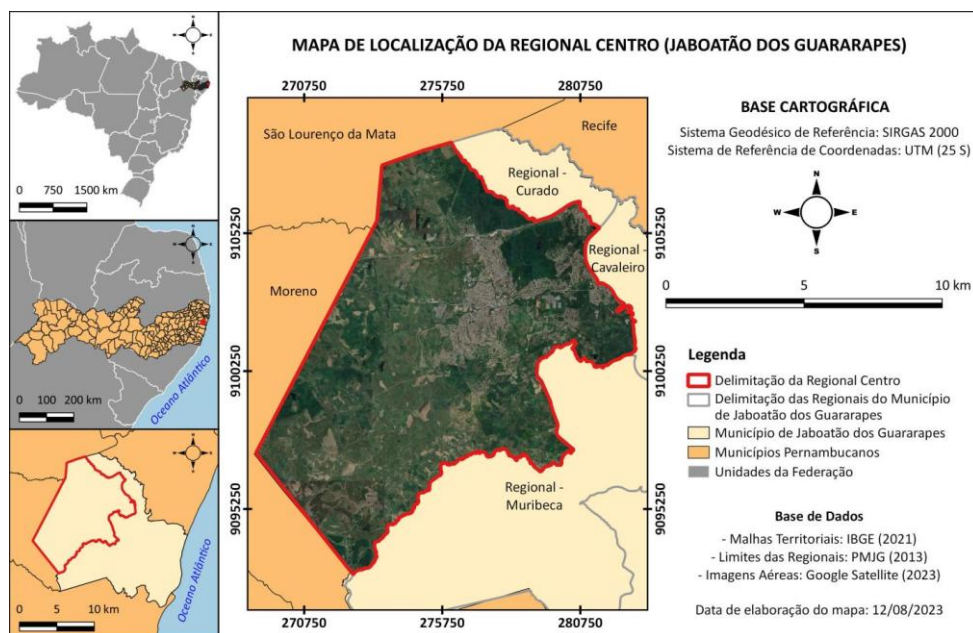
## 2. Localização e caracterização da região do estudo

O município de Jaboatão dos Guararapes, está situado na região litorânea do estado de Pernambuco e integra a Região Metropolitana do Recife (RMR). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE] (2023), Jaboatão dos Guararapes ocupa uma área aproximada de 258,70 km<sup>2</sup>, localiza-se a 16,10 km da capital

pernambucana, Recife, e suas principais rodovias de acesso são as BR-101, BR-232, BR-408, PE-007 e PE-008. O município ostenta o título de ser o segundo mais populoso de Pernambuco, abrangendo uma população de 711.330 habitantes (IBGE, 2023).

A região elencada para este estudo compreende um recorte político-administrativo do município de Jaboatão dos Guararapes, denominado Regional Centro, como apresenta a Figura 1. Além dessa, o Plano Plurianual do município (Lei Municipal n. 974, 2013) fragmenta Jaboatão dos Guararapes outras seis regiões político-administrativa, sendo denominadas como: Cavaleiro, Curado, Muribeca, Prazeres, Praias e Guararapes. A regional Centro contempla uma área de, aproximadamente, 107,29 km<sup>2</sup>, configurando 41,47% do território municipal, o que a define como a maior regional do município (Menezes Júnior, 2022).

**Figura 1**  
*Localização da Regional Centro, Jaboatão dos Guararapes/PE.*



Fonte: Elaborada pelos autores

Do ponto de vista geológico, a área de estudo é condicionada por uma estruturação regional marcada pelo Lineamento Pernambuco, ao norte, importante zona de cisalhamento de direção E–W que controla a compartimentação tectônica local. Além disso, ocorrem falhas normais parcialmente encobertas e um conjunto de lineamentos estruturais centrais que refletem fraturamentos e zonas de fraqueza do embasamento. Uma dessas falhas normais orienta o encaixe do canal do rio Jaboatão ao longo de grande parte do seu curso. Esses elementos estruturais, associados às características litológicas do embasamento cristalino, influenciam diretamente a morfologia local e a distribuição dos processos de instabilidade (Menezes Júnior, 2022).

Em relação à pedologia, conforme a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [EMBRAPA], a região apresenta três tipos de solos: Argissolo Vermelho-Amarelo, Gleissolo Háplico e Latossolo Amarelo e ainda abrange a área urbana, que é configurada pela descaracterização dos solos pelos seus diversos tipos de ocupação e uso como vias e edificações (Embrapa, 2018; Menezes Júnior, 2022).

Quanto à climatologia, a área do estudo está localizada numa região de clima tropical, que apresenta temperaturas que variam entre 18 °C e 32 °C (Nóbrega & Farias, 2016). Apresenta valores médios máximo e mínimo mensais de precipitação respectivos a 311,99 mm e 29,00 mm e média anual de 1.754,84 mm, sendo a precipitação máxima mensal verificada no período de inverno, geralmente, durante o mês de junho, podendo ser ultrapassada na ocorrência eventos extremos (Pessoa Neto, Silva & Barbosa, 2022).

Acerca da hidrografia, a Regional Centro abrange as bacias hidrográficas dos rios Jaboatão e Tejipió, que constituem a Unidade de Planejamento Hídrico 04 - UP04, denominada Metropolitana Sul (Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos de Pernambuco [Seinfra], 2022). A bacia do rio Jaboatão, a principal da área em estudo, é composta por dois importantes rios pernambucanos, o Jaboatão e o Duas Unas, sendo esse o principal tributário do rio Jaboatão e detentor de uma barragem homônima, cuja finalidade é abastecer parte da RMR (Pessoa Neto, Silva & Barbosa, 2022).

A Regional Centro enfrenta profundas transformações no espaço em decorrência da expansão desordenada da malha urbana. Problemas como o lançamento de resíduos sólidos e efluentes domésticos não tratados diretamente em encostas e a ocupação de moradias em locais inadequados (Figura 2) potencializam os episódios de movimentos de massa, que se agravam durante eventos extremos de precipitação. Esse fato foi comprovado mediante a precipitação ocorrida na região no dia 28 de maio de 2022, que atingiu um índice acumulado diário de 292,80 mm, equivalendo 96,40% da média mensal (Agência Pernambucana de Águas e Clima [APAC], 2022) e resultando em significativos danos patrimoniais e ambientais, bem como a perda de vidas humanas.

**Figura 2**

*Fatores antrópicos ligados ao uso e cobertura da terra que potencializam os movimentos de massa no município em estudo.*



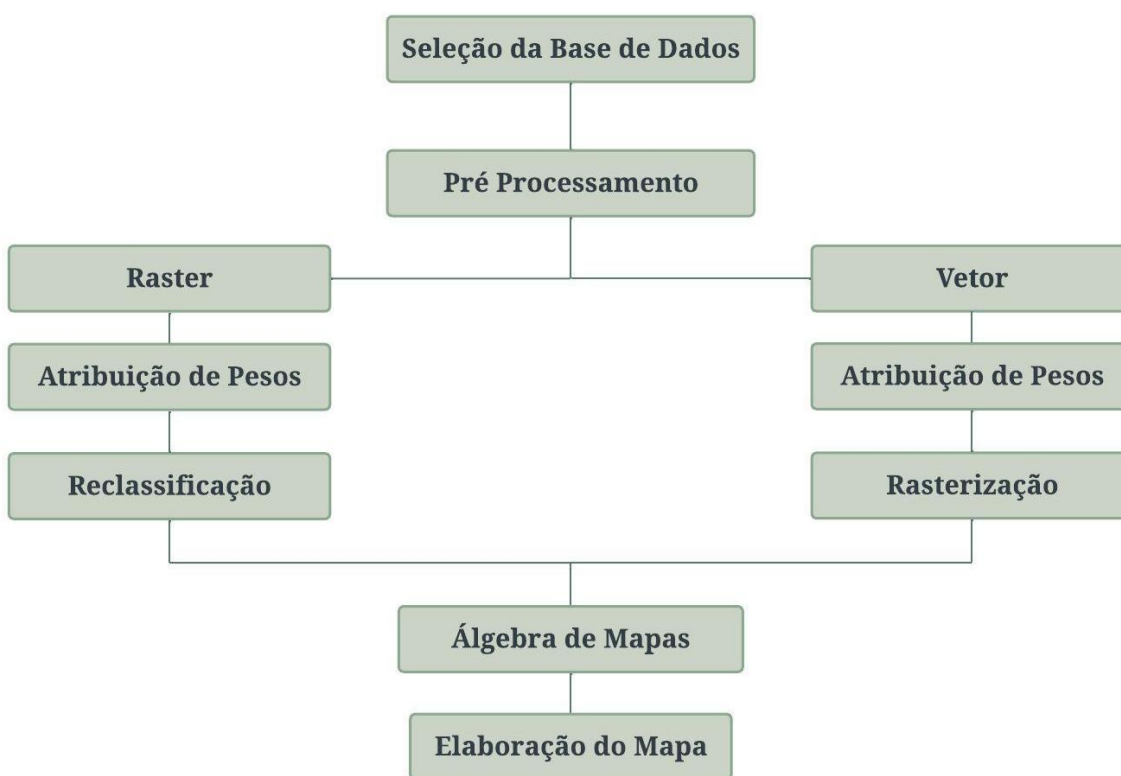
Fonte: Elaborada pelos autores.

Assim, a Regional Centro do município de Jaboatão dos Guararapes foi definida como a região deste estudo, devido às suas características físico-naturais, aliadas ao elevado índice de urbanização, que a condiciona a apresentar alta vulnerabilidade a movimentos de massa em considerável parte de seu território.

### 3. Materiais e métodos

A Figura 3 apresenta, de forma sintética, o procedimento metodológico adotado neste estudo. O mapa de suscetibilidade a movimentos de massa na Regional Centro do município de Jaboatão dos Guararapes foi elaborado a partir da seleção de fatores condicionantes, definidos pelo IBGE (2019). Em seguida, foram atribuídos pesos a esses fatores conforme o grau de suscetibilidade, por meio do processo de reclassificação. Por fim, os dados espaciais reclassificados foram integrados pela álgebra de mapas, utilizando-se o modelo matemático proposto pelo IBGE (2019), resultando na geração do mapa de suscetibilidade para a área em estudo.

**Figura 3**  
*Sintetização dos procedimentos metodológicos aplicados no estudo.*



Fonte: Elaborada pelos autores.

### 3.1. Seleção, coleta e tratamento dos fatores condicionantes a movimentos de massa

O mapeamento de suscetibilidade a movimentos de massa na Regional Centro do município de Jaboatão dos Guararapes foi elaborado a partir da ponderação dos fatores condicionantes definidos pelo IBGE (2019), a saber: geologia, geomorfologia, pedologia, cobertura e uso da terra, declividade e pluviosidade. Os dados foram obtidos em diferentes bases oficiais e processados no *software* livre QGIS (versão 3.10.9), em coordenadas UTM (Fuso 25S) e no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000). A seguir, detalham-se as fontes e procedimentos utilizados:

- **Geologia e Geomorfologia:** adquiridas em formato vetorial (*shapefile*) na plataforma do Banco de Dados de Informações Ambientais (BDiA), ambos na escala 1:250.000.
- **Pedologia:** obtida na plataforma da EMBRAPA, em formato vetorial (*shapefile*) e escala 1:100.000, com a distribuição espacial dos solos de Pernambuco.
- **Cobertura e uso da terra:** derivada do Projeto MapBiomias, em formato matricial (*raster*), com resolução espacial de 30 m.
- **Declividade:** gerada em formato *raster* a partir de um Modelo Digital de Elevação (MDE), com resolução espacial de 30 m, proveniente do programa Pernambuco Tridimensional (PE3D). As classes de declividade foram definidas em porcentagem e agrupadas em seis tipos, conforme a classificação da EMBRAPA.
- **Pluviosidade:** compilada a partir de séries históricas de nove postos pluviométricos (2004–2022). Três séries foram obtidas na plataforma da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) e seis no Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden). A precipitação média anual foi calculada pelo método aritmético e espacializada por meio da interpolação IDW no QGIS.

Embora este trabalho tenha contemplado os fatores listados, a literatura aponta outras variáveis relevantes para a avaliação da suscetibilidade a movimentos de massa, como orientação e formato das vertentes, densidade de falhas, distância a corpos hídricos, proximidade a rodovias, intensidade sísmica, fluxo acumulado de água e o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (Aslam et al., 2022; Bhagya et al., 2023; Öcül & Şişman, 2023; Pessoa Neto et al., 2023).

Em síntese, o mapeamento de áreas suscetíveis a movimentos de massa depende diretamente do objetivo da pesquisa, da metodologia empregada e do foco da aplicação, o que possibilita a seleção de diferentes combinações de fatores ambientais, físicos e socioeconômicos da região analisada.

### 3.2. Reclassificação dos fatores quanto à suscetibilidade a movimentos de massa

A reclassificação dos fatores selecionados neste estudo foi realizada por meio de um processo de hierarquização das respectivas classes. Esse procedimento consistiu em associar a influência de cada variável sobre a ocorrência de

movimentos de massa a valores inteiros (notas) entre 1 e 10, sendo 1 atribuído às condições menos favoráveis e 10 às mais suscetíveis. A Tabela 1 apresenta a síntese dessa atribuição, baseada no estudo metodológico do IBGE (2019).

**Tabela 1**

*Reclassificação das variáveis dos fatores, quanto à suscetibilidade a movimentos de massa, conforme IBGE (2019).*

Fatores	Variáveis (Classes)	Graus de potencialidade a deslizamentos
Geologia (Subprovíncias Estruturais)	Cobertura Cenozóica Indiscriminada	1
	Pernambuco-Alagoas	8
	Zona Transversal	8
Geomorfologia (Unidades Geomorfológicas)	Corpo D'Água Continental	1
	Piemonte Oriental do Planalto da Borborema	7
	Tabuleiros Orientais do Nordeste (Dc41)	6
	Tabuleiros Orientais do Nordeste (Dc51)	6
	Tabuleiros Orientais do Nordeste (Dc52)	7
Pedologia (Tipos de Solo)	Área Urbana	10
	Argissolo Vermelho-Amarelo	7
	Gleissolo Háptico	6
	Latossolo Amarelo	3
Cobertura e Uso da Terra	Rio	1
	Vegetação Florestal	1
	Vegetação Campestre	2
	Área Agrícola	9
	Área Artificial	10
Declividade (%)	Corpo Hídrico	1
	0 – 3	1
	3 – 8	3
	8 – 20	5
	20 – 45	8
	45 – 75	9
Pluviosidade (mm)	> 75	10
	400 - 1.000	4
	1.000 - 1.500	6
	1.500 - 2.000	8
	2.000 - 2.500	9
	> 2.500	10

Fonte: Elaborada pelos autores, a partir de IBGE (2019).

A reclassificação dos dados espaciais, de acordo com a atribuição de notas descrita na Tabela 1, foi realizada no software QGIS (versão 3.10.9). Para esse processo, os arquivos em formato vetorial foram convertidos para o formato matricial (*raster*), o que permitiu a execução das etapas de reclassificação.

### 3.3. Álgebra de mapas e verificação da eficiência do mapeamento quanto à suscetibilidade a movimentos de massa

A aplicação da álgebra de mapas foi realizada associando as camadas reclassificadas aos pesos definidos pelo IBGE (2019), conforme o modelo matemático apresentado na Equação 1. Segundo o IBGE (2019), os pesos foram

ponderados com base em simulações avaliadas pelo conhecimento técnico-científico da equipe do órgão, sendo selecionada a ponderação que melhor representou a suscetibilidade a movimentos de massa.

$$M = 0,15 \times GL + 0,20 \times GM + 0,15 \times PE + 0,10 \times UT + 0,35 \times DE + 0,05 \times PL \quad (1)$$

Onde:

M = Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa,

GL = Geologia,

GM = Geomorfologia,

PE = Pedologia,

UT = Cobertura e uso da terra,

DE = Declividade,

PL = Pluviosidade.

Por fim, o mapa de suscetibilidade a movimentos de massa, produzido pela álgebra de mapas, foi reclassificado segundo os critérios apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2**

*Critérios para reclassificação do mapa de suscetibilidade a movimentos de massa.*

Classe de Suscetibilidade	Valor da Reclassificação	Nível de Suscetibilidade
0 - 3,50	1	Muito baixa
3,51 - 4,50	2	Baixa
4,51 - 5,50	3	Média
5,51 - 6,50	4	Alta
6,51 - 10	5	Muito alta

Fonte: Elaborada pelos autores, a partir de IBGE (2019).

A fim de avaliar a eficiência do método empregado, o mapa de suscetibilidade a movimentos de massa na Regional Centro do município de Jaboatão dos Guararapes foi validado com base em 355 ocorrências registradas pela Secretaria de Defesa Civil (SEDC) entre 28 de maio e 2 de junho de 2022, originadas do evento extremo de precipitação ocorrido em 28 de maio de 2022. Esse inventário foi elaborado a partir de pontos georreferenciados obtidos por equipes de campo e por verificações fotográficas realizadas pela SEDC durante as inspeções emergenciais.

Consideraram-se assertivos os pontos de ocorrência localizados nas áreas identificadas no mapeamento como suscetíveis, determinando assim o nível de exatidão do mapa. Complementarmente, a validação foi reforçada por meio da comparação com oito registros fotográficos, datados entre 31 de maio e 26 de julho de 2022, que retratam episódios de movimentos de massa ocorridos na região.

#### 4. Resultados e discussão

Por meio do SIG, elaboraram-se mapas representando os fatores que influenciam a suscetibilidade a movimentos de massa na Regional Centro do município de Jaboatão dos Guararapes (Figura 4), incluindo: geologia (A), geomorfologia (B), pedologia (C), cobertura e uso da terra (D), declividade (E) e pluviosidade (F).

A análise da Figura 4 indica que, no que se refere à geologia (A), as subprovíncias estruturais associadas às coberturas Cenozóicas concentram-se na porção leste do território, enquanto as subprovíncias da Borborema, correspondentes às regiões Pernambuco-Alagoas e Zona Transversal, predominam na maior parte da área estudada. Segundo Meena, Mishra e Piralilou (2019), a geologia constitui um fator determinante em estudos de movimentos de massa, uma vez que diferentes unidades geológicas apresentam níveis distintos de resistência, permeabilidade e suscetibilidade a falhas.

Acerca da geomorfologia (B), a Regional Centro apresenta duas unidades de relevo: o Piemonte Oriental do Planalto da Borborema, com altitudes entre 70 e 250 metros, e os Tabuleiros Orientais do Nordeste, localizados na porção norte, caracterizados por formas tabulares com cotas altimétricas de 30 a 130 metros. Segundo Vojteková e Vojtek (2020), as áreas de maior altitude tendem a ser mais suscetíveis a movimentos de massa.

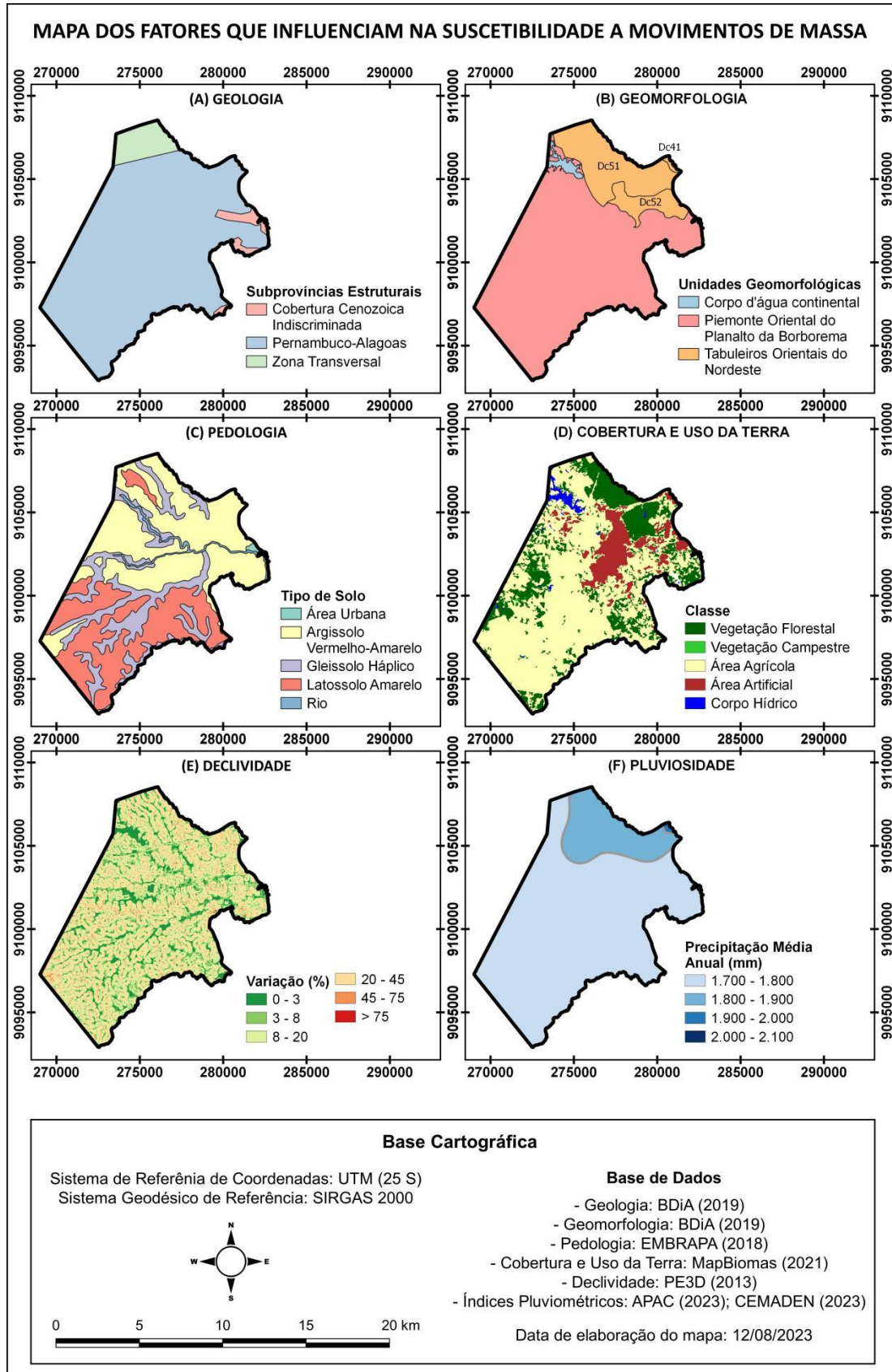
Quanto à pedologia (C), predominam solos argilosos, como Argissolo Vermelho-Amarelo e Gleissolo Háptico, enquanto solos mais arenosos, como o Latossolo Amarelo, ocorrem no sul da região. Conforme Aslam et al. (2022), solos argilosos favorecem movimentos de massa devido à alta capacidade de absorção de água, que aumenta o peso da camada do solo e propicia a ruptura das encostas.

Em relação à cobertura e uso da terra (D), as áreas urbanizadas predominam na parte centro-norte, correspondente à antiga cidade-sede do município. As áreas agrícolas, especialmente de cana-de-açúcar, ocupam grande parte do território, enquanto a vegetação nativa preserva resquícios de Mata Atlântica e os corpos hídricos incluem, entre outros, a mancha de inundação do reservatório Duas Unas. A conversão de áreas vegetadas em áreas agrícolas ou impermeáveis aumenta a suscetibilidade a movimentos de massa (Jazouli, Barakat & Khellouk, 2019).

Quanto à topografia, as classes de declividade (E) estão distribuídas de forma equilibrada: regiões planas concentram corpos hídricos e áreas urbanizadas, enquanto encostas íngremes apresentam maior instabilidade, favorecendo movimentos de massa (Meirelles, Dourado & Costa, 2018).

**Figura 4**

Representação dos fatores, selecionados para este estudo, que influenciam na suscetibilidade a movimentos de massa.



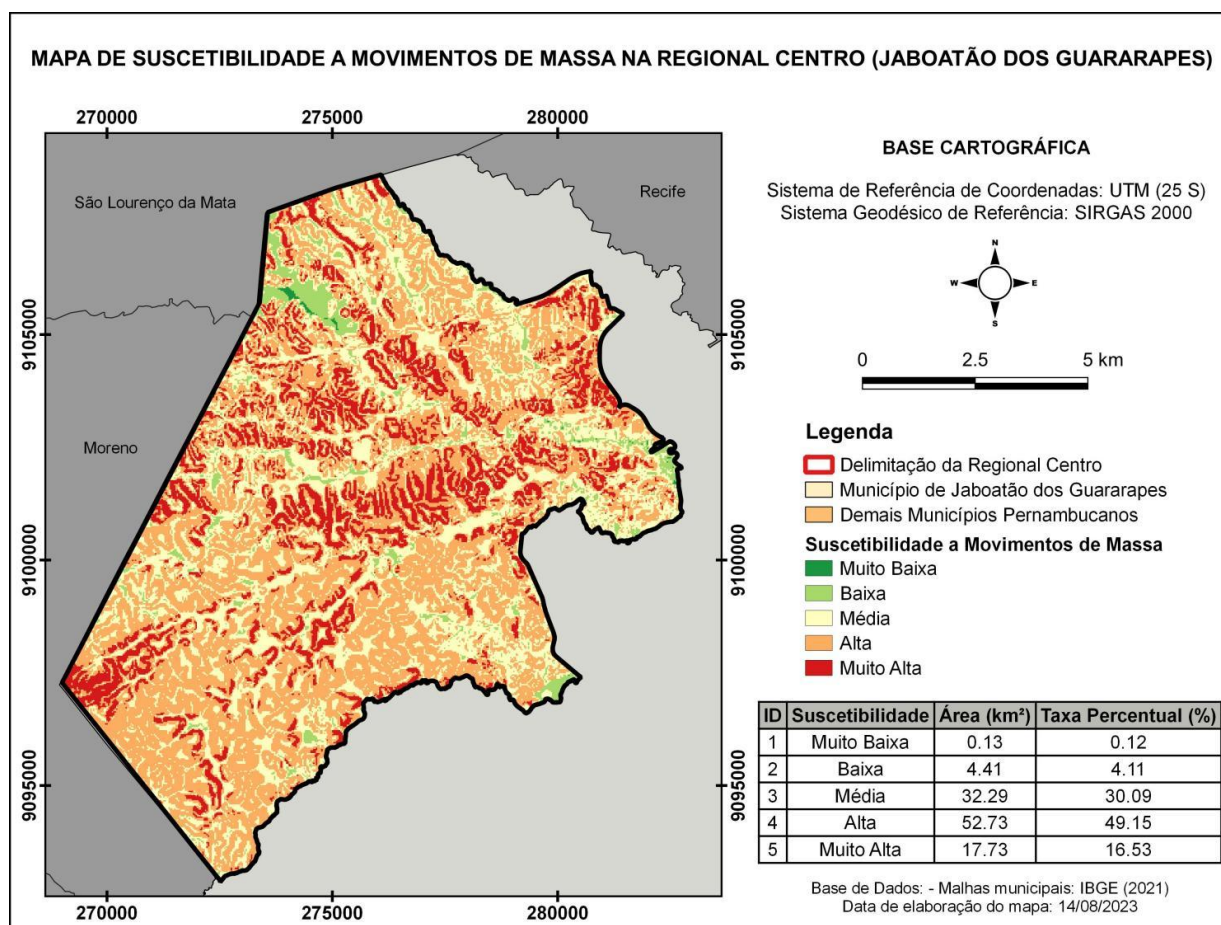
Fonte: Elaborada pelos autores.

A variabilidade da precipitação média anual (F) mostra os maiores índices pluviométricos (superiores a 1.800 mm) na porção norte. A precipitação é o principal elemento de entrada de água nas bacias hidrográficas, e eventos extremos saturam o solo, aumentando a probabilidade de movimentos de massa.

Após a reclassificação de todos os fatores no ambiente SIG, foi aplicada a álgebra de mapas para gerar o mapa de suscetibilidade a movimentos de massa na Regional Centro do município de Jaboatão dos Guararapes, conforme apresentado na Figura 5.

**Figura 5**

*Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa na Regional Centro, Jaboatão dos Guararapes/PE.*



Fonte: Elaborada pelos autores.

O mapeamento da Regional Centro quanto à suscetibilidade a movimentos de massa indica que a maior parte do território (65,68%) está classificada como alta ou muito alta. Essas áreas correspondem às regiões mais íngremes, de maiores altitudes, com solos argilosos e ocupação urbana mais intensa. Por outro lado, as áreas menos suscetíveis abrangem 4,23% do território e estão localizadas, predominantemente, em regiões planas e de menores cotas altimétricas.

Resultados semelhantes foram observados em estudos anteriores. Menezes Júnior (2022) identificou que 57,10% da Regional Centro apresentava alta suscetibilidade, considerando declividade elevada, cobertura urbana ou culturas temporárias e solos argilosos, utilizando o método Analytic Hierarchy Process (AHP) com cinco fatores

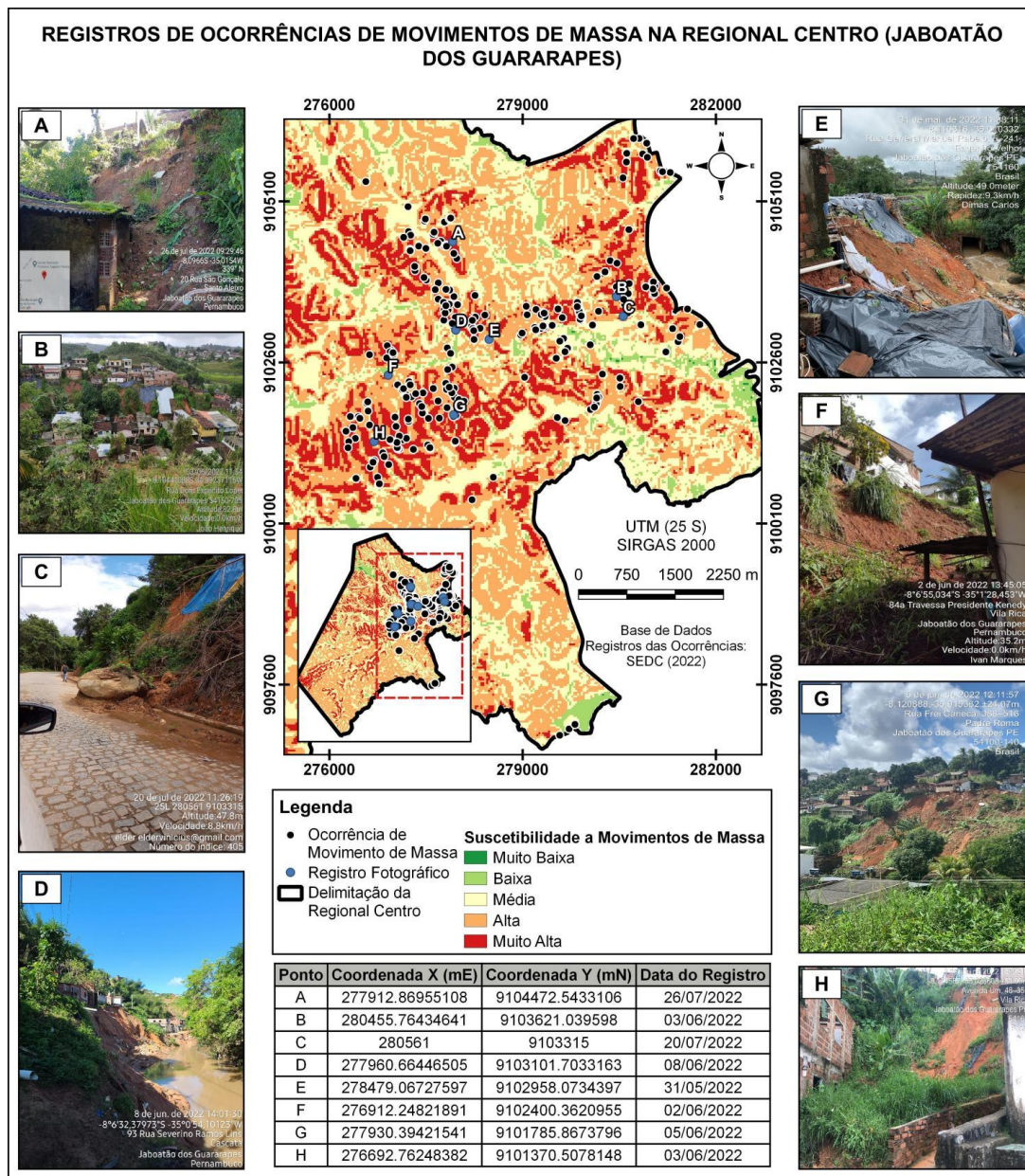
condicionantes. Estudos internacionais corroboram esses achados: Aslam et al. (2022) verificaram que, no distrito de Chitral (Paquistão), áreas de maior risco apresentam elevados índices pluviométricos, altitudes e declividades; Bhagya et al. (2023) constataram, em Kottayam (Índia), que as áreas mais íngremes, com solos argilosos e uso do solo agrícola ou não vegetado, apresentam maior suscetibilidade.

No contexto regional, Pessoa Neto et al. (2023) evidenciaram que 28,98% do bairro da Macaxeira, em Recife/PE, possui alto risco de movimentos de massa, associando declividade elevada, solos argilosos, áreas urbanizadas e vertentes voltadas para leste, sudeste e sul. Araújo et al. (2022) identificaram, em Alagoas, que as áreas de maior propensão incluem as regiões litorânea e nordeste, caracterizadas por declividades acentuadas, elevados índices pluviométricos e solos argilosos.

Para validar os resultados deste estudo, 355 registros georreferenciados de ocorrências de movimentos de massa disponibilizados pela SEDC foram sobrepostos ao mapa produzido. Adicionalmente, oito registros fotográficos, coletados entre 31 de maio e 26 de julho de 2022, ilustram os impactos decorrentes do evento extremo de precipitação ocorrido em 28 de maio de 2022. A validação espacial e fotográfica é apresentada na Figura 6.

**Figura 6**

Registros de ocorrências de movimentos de massa na na Regional Centro, Jaboatão dos Guararapes/PE.



Fonte: Elaborada pelos autores.

A partir da análise da Figura 4, observou-se que, das 355 ocorrências de movimentos de massa, 160 estão localizadas em áreas de alta suscetibilidade e 147 em áreas de muito alta suscetibilidade (Tabela 3), resultando em uma acurácia aproximada de 86,48% para o mapeamento produzido. Em relação aos oito registros fotográficos considerados, todos coincidem com áreas identificadas como altamente suscetíveis.

**Tabela 3**

*Nível de exatidão do mapeamento das áreas suscetíveis a movimentos de massa, conforme as ocorrências registradas à SEDC durante os meses de maio e junho de 2022.*

<b>Nível de suscetibilidade a movimentos de massa definido pelo mapeamento</b>	<b>Quantidade de ocorrências</b>
Muito baixa	zero
Baixa	3
Média	45
Alta	160
Muito alta	147
<b>Total</b>	<b>355</b>
<b>Acurácia</b>	<b>86,48%</b>

Fonte: Elaborada pelos autores.

Esses resultados comprovam a eficácia da metodologia aplicada, validando seu elevado nível de precisão e demonstrando que o mapeamento pode ser utilizado por órgãos competentes para subsidiar a elaboração de políticas públicas de prevenção e mitigação de riscos. Um mapeamento consistente da suscetibilidade a movimentos de massa constitui uma importante medida não estrutural no planejamento e gestão de riscos geológicos, permitindo a implementação de ações eficazes de prevenção, proteção e redução de impactos negativos decorrentes desses processos.

## 5. Considerações finais

O presente estudo teve como objetivo identificar as áreas suscetíveis a movimentos de massa na Regional Centro do município de Jaboatão dos Guararapes, em Pernambuco. Para tanto, foram considerados fatores que potencializam esse tipo de processo, como geologia, geomorfologia, pedologia, cobertura e uso da terra, declividade e pluviosidade.

Os resultados indicam que 32,29 km<sup>2</sup> da região apresentam suscetibilidade moderada, enquanto áreas de baixa e alta suscetibilidade correspondem a 4,23% e 65,68% do território, respectivamente. As áreas classificadas como altamente suscetíveis combinam fatores como elevada hipsometria e declividade, solos argilosos e densidade urbana elevada.

A metodologia empregada mostrou-se eficiente e aplicável, permitindo que gestores realizem tomadas de decisão mais assertivas. Essa viabilidade decorre do fácil acesso, obtenção e manipulação de informações espaciais, aliado à baixa necessidade de recursos financeiros, possibilitando diferentes combinações de procedimentos e aplicações. Dessa forma, o mapeamento pode subsidiar o planejamento urbano e a implementação de medidas preventivas e mitigadoras frente a movimentos de massa.

Embora a metodologia tenha apresentado elevada eficácia, comprovada por registros georreferenciados de ocorrências de movimentos de massa, recomenda-se, para maior precisão, a inclusão de fatores adicionais, como orientação e forma das vertentes, densidade de falhas, proximidade de corpos hídricos e rodovias, fluxo acumulado de água, NDVI, entre outros.

Por fim, este estudo reforça a importância do mapeamento da suscetibilidade a movimentos de massa como base para o planejamento urbano e territorial, contribuindo para reduzir ou prevenir a ocorrência de movimentos de massa e de outros fenômenos geológicos.

## Informação Suplementar

### Autores

**Amaury Gouveia Pessoa Neto** – Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Departamento de Tecnologia Rural. Recife/PE, Brasil.

[agpn@poli.br](mailto:agpn@poli.br)

<https://orcid.org/0000-0002-6320-8066>

**Kaliny Patrícia Vaz Lafayette** – Universidade de Pernambuco (UPE), Escola Politécnica de Pernambuco. Recife/PE, Brasil.

[klafayette@poli.br](mailto:klafayette@poli.br)

<https://orcid.org/0000-0002-7954-2317>

**Data de submissão:** 2023-10-23

**Data de aceitação:** 2025-11-23

**Data de publicação:** 2025-12-31

## Referências

- Abbas, H., Hussain, D., Khan, G., Ul Hassan, S. N., Kulsoom, I., & Hussain Meena, S. (2021). Landslide inventory and landslide susceptibility mapping for China Pakistan Economic Corridor (CPEC)'s main route (Karakorum Highway). *Journal of Applied and Emerging Sciences*, 11(1), 18. <https://doi.org/10.36785/2021111461>
- Agência Pernambucana de Águas e Clima. (2022). *Monitoramento pluviométrico*. <http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>
- Arabameri, A., Pradhan, B., Rezaei, K., & Lee, C. W. (2019). Assessment of landslide susceptibility using statistical-and artificial intelligence-based FR–RF integrated model and multiresolution DEMs. *Remote Sensing*, 11(9), 999. <https://doi.org/10.3390/rs11090999>
- Araújo, R. C., Medeiros, P. R., Silva, R. J. S., & Lucena, R. L. (2022). Mapeamento da suscetibilidade a movimentos de massa no estado de Alagoas, Brasil. *Cadernos do LOGEPA*, 10(1), 2–21. <https://doi.org/10.22478/ufpb.2237-7522.2022v10n1.61458>
- Aslam, B., Maqsoom, A., Khalil, U., Ghorbanzadeh, O., Blaschke, T., Farooq, D., Tufail, R. F., Suhail, S. A., & Ghamisi, P. (2022). Evaluation of different landslide susceptibility models for a local scale in the Chitral District, Northern Pakistan. *Sensors*, 22(9), 3107. <https://doi.org/10.3390/s22093107>
- Azarafza, M., Azarafza, M., Akgün, H., Atkinson, P. M., & Derakhshani, R. (2021). Deep learning-based landslide susceptibility mapping. *Scientific Reports*, 11(1), 24112. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03585-1>
- Bhagya, S. B., Sumi, A. S., Balaji, S., Danumah, J. H., Costache, R., Rajaneesh, A., Gokul, A., Chandrasenan, C. P., Quevedo, R. P., & Johnny, A. (2023). Landslide susceptibility assessment of a part of the Western Ghats (India) employing the AHP and F-AHP models and comparison with existing susceptibility maps. *Land*, 12(2), 468. <https://doi.org/10.3390/land12020468>
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2018). *Mapa de solos do Brasil*. [http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Aabrasil\\_solos\\_5m\\_20201104](http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Aabrasil_solos_5m_20201104)
- Gaidzik, K., & Ramírez-Herrera, M. T. (2021). The importance of input data on landslide susceptibility mapping. *Scientific Reports*, 11(1), 19334. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-98830-y>
- Hamedí, H., Alesheikh, A. A., Panahi, M., & Lee, S. (2022). Landslide susceptibility mapping using deep learning models in Ardabil province, Iran. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 36, 4287–4310. <https://doi.org/10.1007/s00477-022-02263-6>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2019). *Suscetibilidade a deslizamentos do Brasil: Primeira aproximação*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2023). *IBGE cidades: Jaboatão dos Guararapes*. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/jaboatao-dos-guararapes/panorama>
- Jazouli, A. E., Barakat, A., & Khellouk, R. (2019). GIS-multicriteria evaluation using AHP for landslide susceptibility mapping in Oum Er Rbia high basin (Morocco). *Geoenvironmental Disasters*, 6(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s40677-019-0119-7>
- Lei Municipal n. 974, de 16 de novembro de 2013. (2013). Dispõe sobre o Plano Plurianual do Município do Jaboatão dos Guararapes para o período 2014/2017. Jaboatão dos Guararapes, PE.
- Meena, S., Mishra, B., & Piralilou, S. T. A. (2019). Hybrid spatial multi-criteria evaluation method for mapping landslide susceptible areas in Kullu Valley, Himalayas. *Geosciences*,

9(4), 156. <https://doi.org/10.3390/geosciences9040156>

Meirelles, E. O., Dourado, F., & Costa, V. C. (2018). Análise multicritério para mapeamento da suscetibilidade a movimentos de massa na bacia do rio Paquequer-RJ. *Geo Uerj*, 33, e26037.

<https://doi.org/10.12957/geouerj.2018.26037>

Menezes Júnior, E. M. (2022). *Suscetibilidade a escorregamentos translacionais estruturada no AHP – Jaboaão dos Guararapes/PE* [Tese de Doutorado]. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.

Modugno, S., Johnson, S. C. M., Borrelli, P., Alam, E., Bezak, N., & Balzter, H. (2022). Analysis of human exposure to landslides with a GIS multiscale approach. *Natural Hazards*, 112(1), 387–412. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-05186-7>

Nóbrega, R. S., & Farias, R. F. L. (2016). Eventos extremos pluviais em Jaboaão dos Guararapes: Climatologia e estudo de caso. *Revista do Departamento de Geografia*, (spe), 70–82. <https://doi.org/10.11606/rdg.v0ispe.119635>

Öcül, M., & Şişman, A. (2023). Landslide susceptibility analysis with multi criteria decision methods: A case study of Taşova. *Advanced GIS*, 3(1), 14–21.

<https://publish.mersin.edu.tr/index.php/agis/article/view/835>

Pessoa Neto, A. G., Lafayette, K. P. V., Silva, F. G. A., & Ferreira, V. D. (2023). Método de análise hierárquica (AHP) para determinar a suscetibilidade a movimentos de massa no bairro da Macaxeira (Recife-PE, Brasil). *Revista Geográfica Acadêmica*, 17(1), 5–22.

<https://revista.ufr.br/rga/article/view/7742>

Pessoa Neto, A. G., Silva, S. R., & Barbosa, I. M. B. R. (2022). Mapeamento das áreas suscetíveis às inundações e aos alagamentos no município de Jaboaão dos Guararapes, Pernambuco. *Boletim de Geografia*, 40, 277–296. <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v40.a2022.e63948>

Ramos, V. D. V. (2009). *Caracterização e análise da dinâmica de mudanças da ocupação do município de Nova Lima como apoio a estudos preditivos de transformação espacial* [Dissertação de Mestrado]. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.

Rusk, J., Maharjan, A., Tiwari, P., Chen, T. H. K., Shneiderman, S., Turin, M., & Seto, K. C. (2022). Multi-hazard susceptibility and exposure assessment of the Hindu Kush Himalaya. *Science of the Total Environment*, 804, 150039. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150039>

Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos de Pernambuco. (2022). *Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco* – PERH/PE. <https://www.apac.pe.gov.br/bacias-hidrograficas>

Shano, L., Raghuvanshi, T. K., & Meten, M. (2020). Landslide susceptibility evaluation and hazard zonation techniques – a review. *Geoenvironmental Disasters*, 7, 1–19. <https://doi.org/10.1186/s40677-020-00152-0>

Vojteková, J. & Vojtek, M. (2020). Assessment of landslide susceptibility at a local spatial scale applying the multi-criteria analysis and GIS: A case study from Slovakia. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 11(1), 131–148. <https://doi.org/10.1080/194757>

Youssef, Ahmed Mohamed & Pourghasemi, Hamid Reza (2021). Landslide susceptibility mapping using machine learning algorithms and comparison of their performance at Abha Basin, Asir Region, Saudi Arabia. *Geoscience Frontiers*, 12(2), 639-655.